

drawing n.50 disegnare idee immagini *ideas images*

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

Worldwide distribution and digital version EBOOK
www.gangemeditore.it

Anno XXVI, n. 50/2015
Italia € 15 - USA and Canada \$ 20,00

Full english text



Rivista semestrale del Dipartimento di Storia, Disegno e Restauro dell'Architettura, finanziata da Sapienza Università di Roma
Biannual Magazine of the Department of History, Drawing and Restoration of Architecture, financed by Sapienza, Università di Roma

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

Proprietà letteraria riservata

 GANDEMI EDITORE
INTERNATIONAL PUBLISHING

GANGEMI EDITORE SPA
piazza San Pantaleo 4, 00186 Roma
tel. 0039 6 6872774 fax 0039 6 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 – estero € 30
Arretrati € 30 – estero € 60
Abbonamento annuo € 30 – estero € 60
One issue € 15 – Overseas € 30
Back issues € 30 – Overseas € 60
Annual Subscription € 30 – Overseas € 60

Abbonamenti/Annual Subscription
Versamento sul c/c postale 343509
intestato a: LI.CO.SA. Sansoni srl – Via Duca di Calabria 1/1 – 50125 Firenze
Payable to: LI.CO.SA. Sansoni srl – Via Duca di Calabria 1/1 – 50125 Firenze
post office account n. 343509

Distribuzione/Distribution
Librerie in Italia e all'estero/*Bookstores in Italy and overseas*
LI.CO.SA. Sansoni srl – Tel. 055.6483201
Fax 055.641257
e-mail: licosa@licosa.com
Edicole in Italia e all'estero/*Newsstands in Italy and overseas*
Bright Media Distribution Srl
e-mail: info@brightmediadistribution.it

ISBN 978-88-492-3106-9
ISSN IT 1123-9247

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

Laura De Carlo
Sapienza, Università di Roma,
piazza Borghese 9, 00186 Roma, Italia
laura.decarlo@uniroma1.it

Comitato Scientifico/Scientific Committee

Piero Albisinni, Roma, Italia
Carlo Bianchini, Roma, Italia
Giovanni Carbonara, Roma, Italia
Laura Carnevali, Roma, Italia
Secondino Coppo, Torino, Italia
Cesare Cundari, Roma, Italia
Laura De Carlo, Italia
Mario Docci, Roma, Italia
Mario Fondelli, Firenze, Italia
Marco Gaiani, Bologna, Italia
Angela García Codoñer, Valenza, Spagna
Emma Mandelli, Firenze, Italia
Riccardo Migliari, Roma, Italia
Alberto Pratelli, Udine, Italia
Franco Purini, Roma, Italia
José A. Franco Taboada, La Coruña, Spagna

Comitato di Redazione/Editorial Staff

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

**Coordinamento editoriale/
Editorial coordination**

Monica Filippa
Traduzioni/Translation
Erika G. Young

Segreteria/Secretarial services

Marina Finocchi Vitale

Redazione/Editorial office

piazza Borghese 9, 00186 Roma, Italia
tel. 0039 6 49918890

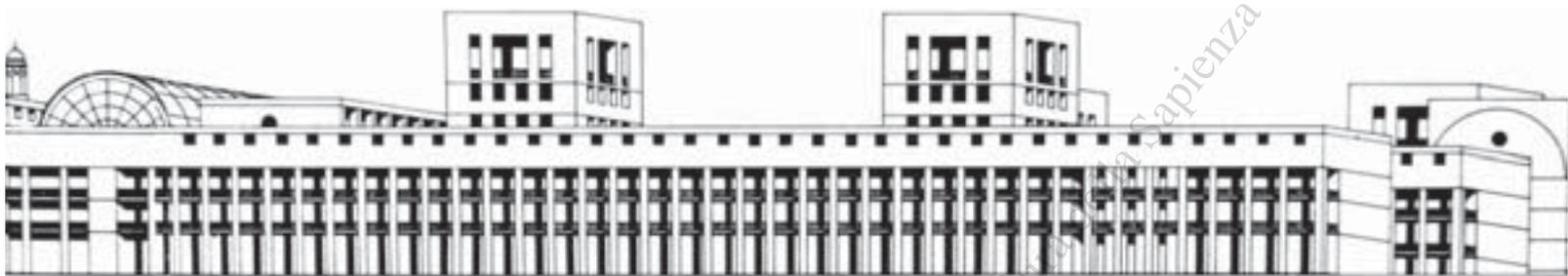
In copertina/Cover

Dario Passi, Les Halles, 1979. Grande olio su tela 200 x 300 cm, particolare
Dario Passi, Les Halles, 1979. Large oil painting on canvas 200 x 300 cm, detail

Anno XXVI, n. 50, giugno 2015

- 3 Editoriale di Mario Docci
Venticinque anni per (di) Disegnare
Editorial by Mario Docci
The 25th anniversary of Disegnare (and drawing)
- 7 Dario Passi
Disegnare dipingendo e dipingere disegnando: due scritti
To draw while painting and to paint while drawing: two articles
- 12 Luca Ribichini
Sant'Ivo alla Sapienza tra Fede e Ragione
Sant'Ivo alla Sapienza: Faith and Reason
- 24 Antonino Saggio
Perché rappresentare l'invisibile?
Information Technology, spazio dell'informazione e nuove sfide per il progetto e la rappresentazione
Why represent the invisible? Information Technology, information space and new challenges for design and representation
- 36 Marco Muscogiuri
Disegno e progetto nell'opera di Kengo Kuma
Drawing and design in works by Kengo Kuma
- 48 Fabrizio Ivan Apollonio, Paolo Clini, Marco Gaiani, Annalisa Perissa Torrini
La terza dimensione dell'Uomo vitruviano di Leonardo
The third dimension of Leonardo's Vitruvian Man
- 60 Tommaso Emler
APP design con uso della realtà aumentata per la divulgazione dei Beni Culturali
APP design using augmented reality to disseminate Cultural Heritage
- 70 Luca Cipriani, Filippo Fantini
Modelli digitali da Structure from Motion per la costruzione di un sistema conoscitivo dei portici di Bologna
Structure from Motion digital models to develop a cognitive system of the porticoes in Bologna
- 82 Pilar Roig Picazo, José Luis Regidor Ros, José Antonio Madrid García, Lucia Bosch Roig, Valeria Marcenac
La chiesa di san Nicolás Obispo y san Pedro Mártir a Valencia: studi preliminari e primi esiti per il restauro dell'apparato decorativo
The Church of San Nicolás Obispo y san Pedro Mártir in Valencia: preliminary studies and initial results of the restoration of the decorations
- 92 Libri/Books

Dario Passi, Concorso per la sistemazione dell'area
delle Halles. Parigi 1979. Prospettiva, particolare.
China su lucido 15 x 160 cm.
*Dario Passi, Competition for the redesign of Les Halles. Paris
1979. View, detail. China ink on tracing paper 15 x 160 cm.*



Copia riservata al Dipartimento di Storia, Disegno e Restauro dell'Architettura della Sapienza Università di Roma

editoriale

Venticinque anni per (di) *Disegnare*

Prima di scrivere l'editoriale, ho sentito la necessità di sfogliare i precedenti numeri della rivista *Disegnare*, per fare un bilancio di questo lungo arco temporale che abbraccia una parte importante della nostra attività di ricercatori. Debbo dire che questa faticosa rivisitazione mi ha fatto comprendere quanta strada abbiamo percorso e, diciamo pure con orgoglio, quale sia stato il contributo che la nostra rivista ha fornito allo sviluppo delle discipline del Disegno.

Con questo numero *Disegnare* compie venticinque anni. In questo quarto di secolo la rivista ha accompagnato la crescita di un settore disciplinare nato sul finire degli anni Settanta, quando nell'Università italiana ebbe inizio una fase di forte sviluppo per adeguarsi ai cambiamenti sociali dell'Italia; possiamo pertanto affermare che *Disegnare* ha affiancato la crescita del settore disciplinare del Disegno fin dai suoi primi passi, per raggiungere oggi la piena maturità.

Come sappiamo, oggi operano nelle università italiane, nel campo della didattica e della ricerca, 226 docenti, suddivisi nelle tre fasce; ciò significa che il Disegno italiano ha raggiunto il suo equilibrio interno operando in diverse facoltà (architettura, ingegneria, design, ecc.) e in molti corsi di laurea, svolgendo un ruolo significativo che è stato sostenuto da *Disegnare* sul versante della ricerca, che in questo quarto di secolo ha fatto enormi progressi.

La rivisitazione dei cinquanta numeri della rivista mi ha consentito di comprendere il lento e progressivo svilupparsi dei contributi scientifici che hanno visto impegnate le tre aree in cui si articola oggi il nostro settore disciplinare-concorsuale: i Fondamenti scientifici della rappresentazione, il Rilevamento architettonico e urbano e infine il Disegno dell'architettura e dell'ambiente. Nel tentativo di potervi trasmettere ciò che ho provato durante questa ricognizione, ritengo utile analizzare singolarmente le tre aree in cui si articola il settore, cominciando proprio dai Fondamenti scientifici della rappresentazione.

Sul finire degli anni Ottanta i contributi scientifici erano prevalentemente dedicati alla storia dei fondamenti scientifici oppure all'analisi dell'architettura dipinta, in altre parole allo studio della pittura quadraturista, più comunemente nota come sfondati prospettici. Non sono mancati in quegli anni nemmeno studi relativi all'uso delle macchine per tracciare curve con caratteristiche particolari come ad esempio le coniche. Con il passare del tempo, si notano ancora studi storici relativi alle forme architettoniche complesse realizzate nell'architettura storica, ma sono anche presenti contributi a carattere più teorico, come ad esempio inerenti la costruzione degli assi di una quadrica partendo da una porzione di essa. In particolare va anche osservato in questo campo un recente orientamento volto a indagare il rapporto tra la didattica e la ricerca nella rappresentazione scientifica. Un altro aspetto certamente non secondario è costituito dall'impiego dell'informatica nella ricerca e soprattutto nell'insegnamento della Geometria descrittiva.

Venendo al settore del Rilevamento architettonico e urbano, e possiamo anche dire archeologico, si nota un notevole sviluppo che, partendo dalle prime esperienze del rilevamento fotogrammetrico – sul finire degli anni Ottanta – passa attraverso il rilevamento con il laser scanner sul finire degli anni Novanta, per giungere fino alla fotomodellazione di questi ultimi anni. In tale settore l'apporto dell'informatica e lo sviluppo tecnologico hanno permesso di mettere a punto nuove metodologie di rilevamento molto raffinate, come dimostrano i molti articoli che la rivista *Disegnare* ha presentato nel corso di questi anni. Non vanno dimenticati alcuni apporti al nostro settore attraverso ricerche sviluppatesi in campo nazionale, alcune coordinate anche da chi scrive, che hanno focalizzato la propria attenzione sull'integrazione tra le diverse metodologie di rilevamento. L'avvento dell'informatica ha permesso di far dialogare tra loro dati di diversa natura e ciò ha consentito di integrare rilievi diretti, topografici, fotogrammetrici ed eseguiti con il laser scanner. L'integrazione di diverse metodologie ha consentito di ottenere il meglio da ciascuna di esse e quindi di approfondire la conoscenza del soggetto da rilevare, scopo fondamentale del rilevamento architettonico che, come è noto, deve consentire di pervenire alla conoscenza profonda dell'opera rilevata.

In questo settore la nostra rivista ha contribuito in modo determinante, mettendo a fuoco delle ipotesi di lavoro per una teoria sul rilevamento, come hanno evidenziato alcuni interventi

proprio su tale specifico argomento, ponendo in risalto le problematiche del rilevamento con il laser scanner che, come è noto, genera un modello numerico, che deve essere trasformato in un modello geometrico o matematico in modo da poter operare su delle superfici e non già sui punti. Solo quando i laser scanner potranno rilevare le coordinate di punti individuati dall'operatore, tali problematiche scompariranno e potremo parlare di una sola teoria del rilevamento. In questo settore va anche segnalata una grande attenzione alla qualità della rappresentazione del rilevamento; ne fanno fede i rilevamenti di monumenti strategici come ad esempio il Colosseo e Hagia Sophia.

Il settore del Disegno dell'architettura e dell'ambiente, che alla fine degli anni Ottanta sembrava poco sensibile ai nuovi apporti della ricerca scientifica, in realtà più di recente ha dimostrato il contrario, vuoi perché il Disegno, essendo disciplina millenaria, ha sempre saputo rinnovarsi, vuoi perché la rubrica "Disegno" avviata dalla rivista *Disegnare* fin dai suoi primi numeri, per un dialogo più stretto tra disegno e progetto, ha messo in evidenza molti contributi di grandi protagonisti del progetto di architettura che – pur citandone solo alcuni come ad esempio Carlo Ajmonino, Alessandro Anselmi, Mario Botta, Gaspare De Fiore, Roberto Maestro, Adolfo Natalini, Manfredi Nicoletti, Marco Petreschi, Paolo Portoghesi, Franco Purini, Aldo Loris Rossi, Robert Venturi – hanno dato un volto nuovo e originale al ruolo svolto dal Disegno in relazione all'elaborazione del progetto. Attraverso i disegni e le parole di questi grandi protagonisti, è stato possibile comprendere la modernità e il ruolo insostituibile del Disegno nella fase di ideazione e di controllo del progetto. Pur nella loro diversità, resta il legame che collega l'ideazione e l'immagine abbozzata sulla carta, per avviare quel processo di successivi passaggi, per definire sulla carta l'immagine mentale che è sempre vaga e dai contorni sfuggenti. Utilizzerò quanto riportato nel contributo di uno dei colleghi, presente nel numero 45 della rivista, Marco Petreschi. Egli afferma: «Con il disegno sei in grado di guardare la realtà con altri occhi e quindi vedere, come il Don Quijote di Cervantes, castelli dove non c'è che una locanda, cavalieri dove non ci sono che dei nani, donzelle e principesse in volgari prostitute, come pure vedere saraceni e giganti in una fila di mulini a vento. La dialettica tra realtà e finzione, tra realtà e illusione, tra una realtà oggettiva e la percezione soggettiva del reale è per chi disegna un dato di fatto incontrovertibile e, in una certa misura, una verità alla quale coloro che intendono interpretarla debbono adeguarsi. È forse l'unico modo per comprendere il gioco tra fantasia e realtà delle forme che a volte creano all'osservatore un'apparente enigmatica confusione. Così ragionando, con tutti i miei dubbi sull'opportunità o meno di curare quello che una volta si chiamava disegno a mano libera, seguirò a praticarlo per indagare e capire l'umanità e il paesaggio che mi si modifica attorno e soprattutto per comprendere meglio e controllare la realtà virtuale che potrebbe soporificamente avvolgermi in una pur incomprensibile spirale senza ritorno, come il canto delle sirene per i marinai di Ulisse».

Concludendo queste brevi note debbo esprimere il mio dispiacere in quanto ragioni anagrafiche mi impediranno di partecipare al compimento del centesimo numero di *Disegnare*; sono certo comunque che chi mi seguirà nel tracciare i prossimi 25 anni avrà, anche lui, la curiosità di rivedere in retrospettiva tutti i cento i numeri di *Disegnare* per scrivere del prossimo anniversario.

Mario Docci

editorial

The 25th anniversary of Disegnare (and drawing)

Before I began to write this editorial I felt an urge to leaf through previous issues of the magazine to assess this long, important period of time during which we have worked as researchers. I have to admit that it was a rather strenuous task, but it made me realise how far we have come and, admittedly, how unabashed and proud I was about the magazine's contribution to the development of the discipline of Drawing.

This issue celebrates our 25th anniversary. During this quarter century the magazine has accompanied the growth of a disciplinary sector created in the late seventies when Italian universities developed rapidly to catch up with the social change rippling through Italy. So I think we can safely say that Disegnare has accompanied the disciplinary sector of Drawing from its first tottering steps to its current full-blown maturity.

We know that 226 teachers, divided into three groups, are currently involved in teaching and research in Italian universities. This means that drawing in Italy has reached its own inner balance and is now present in many degree courses and several faculties (architecture, engineering, design, etc.). Disegnare has always sustained the important role drawing plays in research, a field that has progressed in leaps and bounds in the last twenty-five years.

When I leafed through the last fifty issues of the magazine the slow and gradual development of the scientific contributions published in the magazine began to unravel before my eyes; the contributions focus on the three areas covered by our disciplinary-competition sector: the scientific basis of representation; architectural and urban survey; and finally architectural and environmental drawings.

To try and convey what I felt while reviewing past issues I think I should analyse the three areas separately, beginning with the scientific basis of representation.

In the late eighties scientific contributions were mostly dedicated to either its history or the analysis of painted architecture, in other words to the study of trompe l'oeil paintings commonly known as perspective painting. During that period several contributions also focused on the use of machines to trace curves with special characteristics, for example conic figures.

As time went by there were more historical studies on complex architectural forms in old architectures, as well as more theoretical contributions regarding, for example, the construction of the axes of a quadric starting from only a portion of it. I should point out that studies in this field have recently begun to focus on the relationship between didactics and research in scientific representation. Another no less important aspect is the use of computer science not only in research, but especially during lessons on descriptive geometry.

Now let's focus on architectural and urban survey, not forgetting archaeological survey. Early experiments with photogrammetric survey began in the late eighties. Since then we've progressed considerably; in the late nineties we moved on to laser scanner surveys and more recently photomodelling. In this field computer science and technological development have allowed us to develop new and very sophisticated survey methods. Many of the articles published by Disegnare testify to this development.

I would be amiss if I didn't cite the input by national studies into our field of learning, some of which I coordinated myself. The studies focus on integrating different survey methods. In fact, computer science has made it possible to merge different data and integrate direct, topographical, photogrammetric and laser scanner surveys. Instead by integrating different methods we were able to exploit the best of each one and gather more in-depth information about the surveyed artefact. This is the primary goal of an architectural survey which, as we all know, has to lead to a thorough understanding of the surveyed object.

Our magazine has played a major role in this field; it has identified working hypotheses to develop a survey theory. In fact several contributions on this issue have focused on problems related to laser scanner surveys that return a numerical model. The latter then has to be transformed into a geometric or mathematical model so that we can work on surfaces and not on points. Only when laser scanners can be programmed to survey the coordinates of points identified by the operator will these problems be solved and we will be able to talk about a single survey theory.

The quality of survey representation is another field in which we have invested heavily, for example the surveys of strategic monuments such as the Colosseum and Hagia Sophia. In the late eighties the sector of architectural and environmental drawing was ostensibly disinterested in the progress made by scientific research. It has recently changed its tune. Perhaps because drawing is a centuries-old discipline and has always known how to reinvent itself, or maybe because the column 'Drawing' – inserted in the magazine from the very first issues to enhance the dialogue between drawing and design – has given ample space to many contributions by great protagonists of architectural design, for example Carlo Ajmonino, Alessandro Anselmi, Mario Botta, Gaspare De Fiore, Roberto Maestro, Adolfo Natalini, Manfredi Nicoletti, Marco Petreschi, Paolo Portoghesi, Franco Purini, Aldo Loris Rossi and Robert Venturi. Although these are just a few of the many contributors, all of them have looked with new and original eyes at the role played by drawing in the elaboration of a design.

The drawings and words of these amazing protagonists have helped us understand modernity and its unique role during the ideation and control of the design. Although very different in nature, there is always a link between the idea and the image sketched on paper since this is what sparks a gradual process that ultimately leads to 'freezing' the always vague and elusive mental image on paper.

Let me cite part of a contribution by one of my colleagues, Marco Petreschi, published in issue n. 45 of the magazine. He states: "Drawings let you see reality with other eyes and, as a result, like Don Quixote by Cervantes, see castles instead of taverns, horsemen instead of dwarfs, damsels and princesses instead of prostitutes, or even Saracens and giants instead of a row of windmills.

For draughtsmen, the dialectics between reality and make-believe, reality and illusion, between objective reality and subjective perception of reality, is an incontrovertible fact and, to a certain extent, a truth to which those who want to use it must adapt. Perhaps it's the only way to understand the game between imagination and reality of forms, a game that sometimes creates apparent enigmatic confusion in the onlooker. So, with all my doubts and reasoning about whether or not to focus on what was once called freehand drawing, I'll go on doing it so I can investigate and understand humanity and the ever-changing landscape around me. Above all I'll continue to try and improve my understanding and control of virtual reality which might lull me into a dreamlike state and wrap me in what would be an incomprehensible spiral of no return – like the song of the sirens for Ulysses' fellow sailors".

Coming to the end of these brief musings, I have to say how sorry I am that my age will stop me being around for the hundredth issue of Disegnare. Nevertheless I'm sure that whoever steps into my shoes in the next twenty-five years will be curious enough to retrospectively review all the one hundred issues of Disegnare before writing about the next anniversary.

Mario Docci

disegno/drawing

Dario Passi

Disegnare dipingendo e dipingere disegnando: due scritti *To draw while painting and to paint while drawing: two articles*

I due scritti presentati colgono il pensiero dell'autore sul tema del disegno. Il primo, *Progetto e tecniche di rappresentazione in architettura*, accompagnava un'esposizione personale di disegni di architettura tenuta alla Galleria Pan di Carola Barbato a via del Fiume a Roma nel 1979; il secondo *La rappresentazione delle cose viste o conosciute*, fu scritto per il catalogo della mostra "Duetto" Enzo Cucchi/Dario Passi presso la A.A.M. Architettura Arte Moderna a Roma, nel 1980, organizzata in occasione della realizzazione di una cartella di incisioni.

Progetto e tecniche di rappresentazione in architettura

Il rapporto tra progetto e rappresentazione in architettura è storicamente caratterizzato da una continua interpolazione dei due termini. I lavori presentati risultano da una forzatura esercitata su questo rapporto, teso sino alla simulazione di una condizione di contiguità dei due estremi. Questi ultimi ammettono ognuno uno spessore ambientale. Sono due "stanze" imperniate tra loro su uno spigolo e separate da una sottile membrana, una porta di duchampiana concezione. L'uscita da una delle due stanze implica inevitabilmente la chiusura dell'altra e viceversa. La momentanea chiusura/apertura scandita dalla porta ritma i momenti di autonomia disciplinare del lavoro in atto nei due ambienti. L'oggetto di architettura si presenta in questo caso come derivato da un processo continuo di andata e ritorno lungo l'asse di unione tra i due poli citati: l'uno, il pensiero progettuale che trova sostanza ed esiti formali nell'analisi storica dei manufatti urbani; l'altro, l'idea della rappresentazione che, con tempi più compressi e risultati diretti, affida al disegno e a molte altre tecniche la esemplificazione più efficace dell'intenzione di progetto.

Tra le due "stanze" esiste uno spazio di relazione, un momento interlocutorio con ruolo, funzioni e dimensioni molteplici, per lo più deputato a compiti di spettacolo, alla teatralizzazione dei risultati del lavoro in atto negli ambienti confinanti. Questo spazio mediano o di scambio è anche quello in cui avviene questa esposizione, colta in un attimo non precisato del processo di andata e ritorno descritto. Le due "stanze" fanno parte di una stessa "casa", di uno stesso "condominio disciplinare",

anche se connotate con aspetti diversi di uno specifico che obbedisce a regole di un'unica famiglia. Eppure il continuo e ritmato entrare e uscire tra i due ambienti è venato da una componente di trasgressione la quale, anche se apparentemente non grave in quanto messa in atto sotto lo stesso tetto, nella stessa casa, all'interno di quell'unica famiglia doppia, è proprio per questo una trasgressione particolarmente sottile, maliziosa, strisciante e di difficile controllo. Questa "condizione" viene assunta come uno degli elementi tonificanti e misuratori del lavoro. Si tratta in effetti, di un tirocinio applicato all'architettura secondo le regole convenzionali del progettare e del rappresentare scomposte in base ai principi di interna autonomia dei due momenti e ricomposte lungo esiti calcolati.

Uno di questi esiti, spesso ancora un obiettivo, è l'inscindibilità, al momento del giudizio o dell'osservazione del progetto, dei due contributi, costretti sino ad allora in una programmatica distinzione. La metafora delle due stanze, oltre a corrispondere con la reale disposizione del pensiero applicato in questa esperienza, è anche sinonimo della scelta del ripropormi e riproporre i due campi di definizione per l'architettura distinti secondo un



These two short articles illustrate the author's ideas about drawing. The first, Architectural design and representation techniques, was written for a solo exhibition of architectural drawings held at Carola Barbato's Galleria Pan in Via del Fiume in Rome in 1979. Instead the second, Representation of things I've seen or known, was written for the exhibition catalogue 'Duetto' Enzo Cucchi/Dario Passi at the A.A.M. Architettura Arte Moderna in Rome in 1980 when a folder of the engravings was also printed.

Architectural design and representation techniques

Since time immemorial the relationship between architectural design and representation has been characterised by continuous interpolation of the two terms. The works presented here are the result of having pushed this relationship to the limit in order to simulate a state of proximity between the two extremes, each of which have an environmental dimension. These two 'rooms', both attached to the same frame, are separated by a thin membrane, a Duchamp-style door. Exiting one of the two rooms inevitably entails the closure of the other room, and vice versa. The momentary opening and closing of the door marks the moments of disciplinary independence of the work going on in the two rooms. In this case the architectural object appears to be the product of a continuous process to-and-fro along the axis connecting the two abovementioned poles: one is the design idea that matures and becomes tangible based on the historical analysis of urban buildings; the other is representation which, with a more compressed timescale and direct results, entrusts to drawing and many other techniques the most successful exemplification of the design idea.

A space exists between the two 'rooms', an open-ended moment with a role, multiple functions and dimensions; this moment is tasked with exhibiting or dramatising the results of the work in progress in the two rooms. This middle ground or exchange space is also the place where this display occurs, captured at an unspecified moment of the to-and-fro process described above. The two 'rooms' are part of the same 'house', of the same 'disciplinary condominium',

1/ *Pagina precedente*. Dario Passi, Senza titolo, 1984. Matita a più colori su carta da lucido gialla 15,5 x 14 cm. Previous page. Dario Passi, *Untitled*, 1984. Multicoloured pencil on yellow tracing paper 15.5 x 14 cm.

2/ Dario Passi, *Fra le cose e le case*, 1980. Matita grassa e pastelli a olio, 30 x 21 cm.

Dario Passi, *Between things and houses*, 1980. Wax pencil and oil crayons, 30 x 21 cm.

3/ Dario Passi, *Studio per il Lungotevere Flaminio*, Roma, 1980. Acquarello e china rossa

su carta 18 x 13 cm (Collezione Centro Pompidou).

Dario Passi, *Study for the Lungotevere Flaminio, Rome*, 1980. Watercolour and red China ink on paper 18 x 13 cm (Centre Pompidou Collection).

4/ Dario Passi, *Sistemazione di piazza della Moretta*, prospetto verso il Lungotevere. Particolare. Roma, 1979. China su lucido 40 x 160 cm.

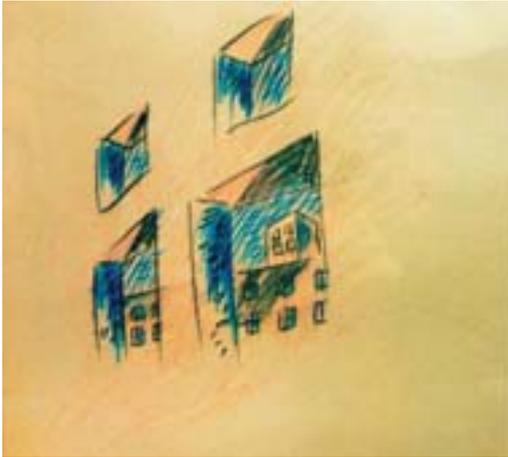
Dario Passi, *Renovation of Piazza della Moretta, façade towards the Tiber. Detail. Rome*, 1979. China ink on tracing paper 40 x 160 cm.

5/ Dario Passi, *Studio per un plastico di architettura*, 1980. Matita, pastelli e acquarelli su cartoncino 21 x 28 cm.

Dario Passi, *Study for an architectural model*, 1980. Pencil, crayons and watercolours on Bristol board 21 x 28 cm.

6/ Dario Passi, *Progetto per la Valle del Faul*, Viterbo. Studio, 1980. China e acquarello su carta 14,5 x 11,5 cm (Collezione Centro Pompidou).

Dario Passi, *Design for the Faul Valley, Viterbo. Study*, 1980. China ink and watercolour on paper 14.5 x 11.5 cm (Centre Pompidou Collection).



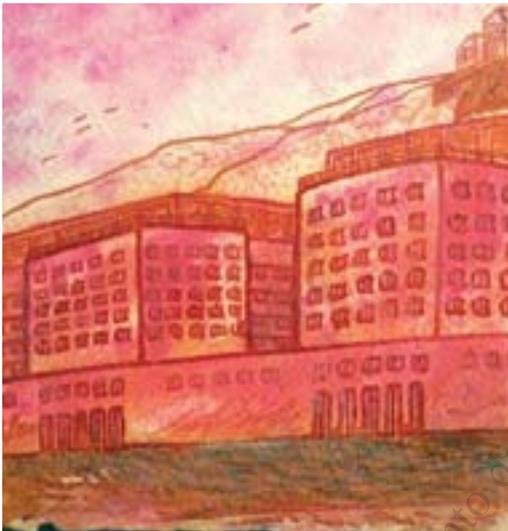
2



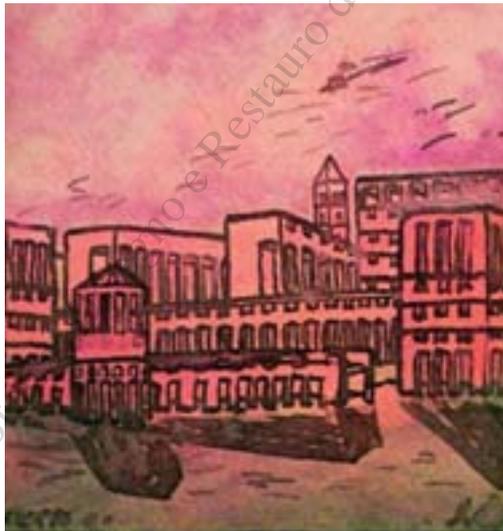
5



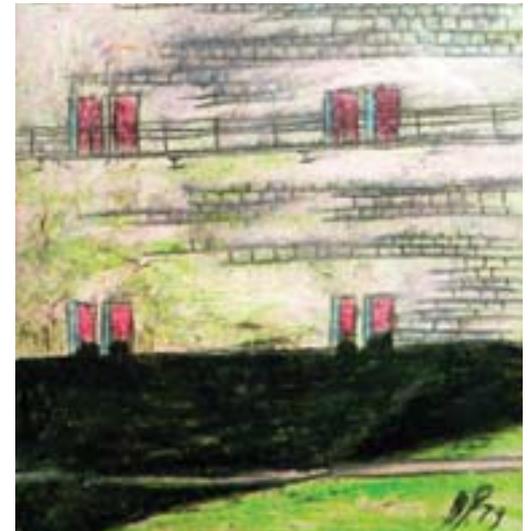
7



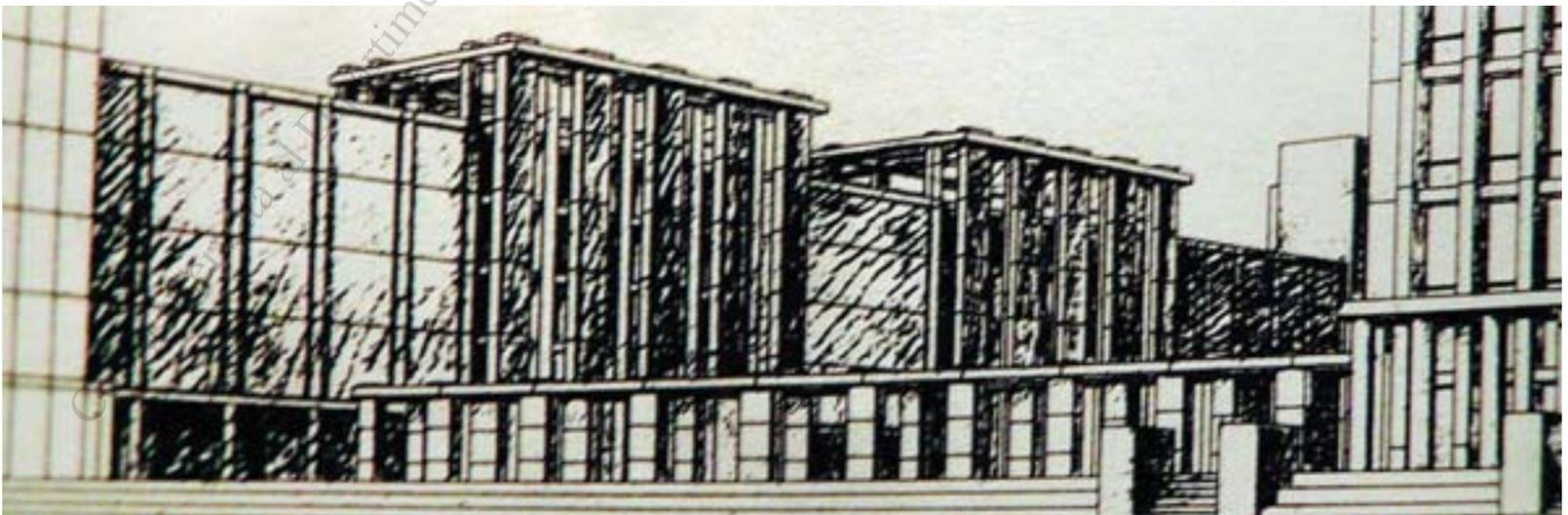
3



6



8



4

7/ *Pagina precedente*. Dario Passi, *Fra le cose e le case 2*, 1981. Matita grassa e pastelli colorati 30 x 20,45 cm. Previous page. *Dario Passi, Between things and houses 2, 1981. Wax pencil and coloured crayons 30 x 20.45 cm.*

8/ *Pagina precedente*. Dario Passi, *Progetto di casa provvisoria*. Studio, 1979. Lapis e pastello a olio su carta 14,5 x 11,5 cm (Collezione Centro Pompidou).

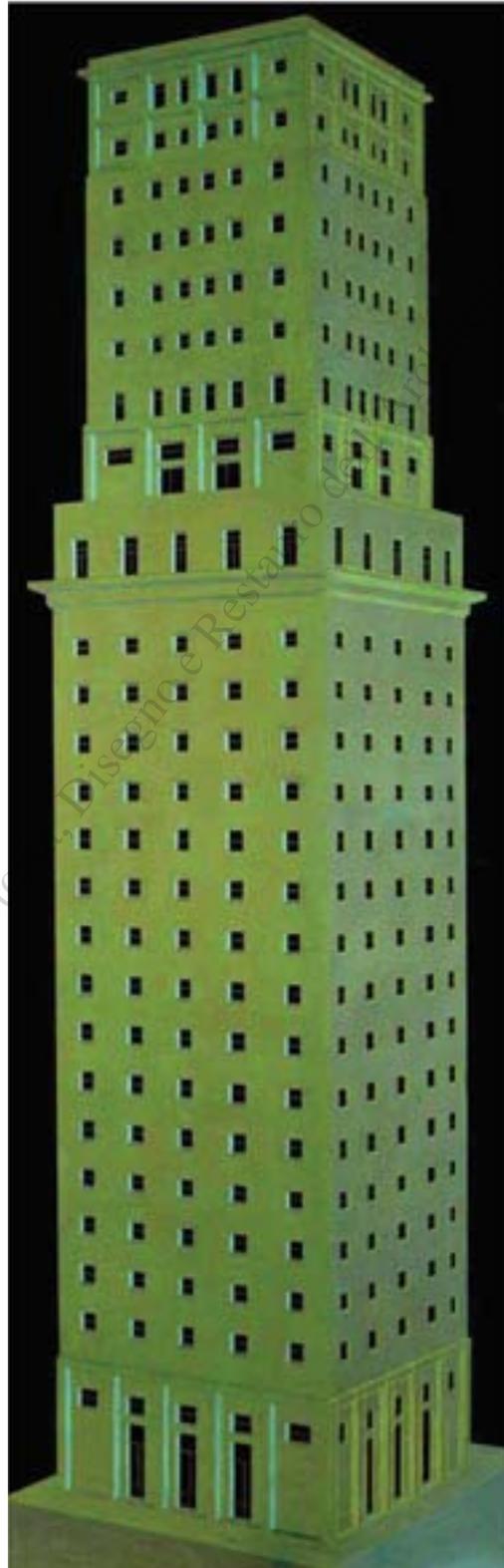
Previous page. *Dario Passi, Design of a temporary house. Study, 1979. Pencil and oil crayons on paper 14.5 x 11.5 cm (Centre Pompidou Collection).*

9/ Dario Passi, *Torre*, 1984. Olio su tavola 198 x 63 cm (Collezione Francesco Moschini).

Dario Passi, Tower, 1984. Oil on wood 198 x 63 cm (Francesco Moschini Collection).

crinale più preciso e più vero. Secondo un'ottica più attenta a cogliere diverse e originali professionalità in ognuno dei due argomenti senza false complementarietà o strumentalità reciproche non verificate.

In questo senso l'interpolazione tra le due ragioni del lavoro che, come detto, caratterizzano lo sviluppo storico dell'idea-progetto, non dovrebbe essere mossa da un fare irresponsabile o naif, ma risultare da una decisione calcolata di consultare "trasgredendo" i dati dell'"altra stanza". Questi che definisco come "dati" non son poi in realtà tali, ma desumibili da un'affettuosa attività di laboratorio, sul progetto e il disegno dello stesso, caratterizzata dalla presenza di molti libri di storia usati come scatole di arnesi (da Foucault) e considerati come diverse paia di occhiali (da Proust) da cambiare sino a cogliere ciò che altrimenti non si percepiva. E inoltre, sempre per quanto riguarda il primo argomento, gli attrezzi sono i manuali di tecnica del costruire, il concetto di scala e di misura e del grafico ridotto, il compasso, la riga, la squadra, l'organizzazione della funzione, l'uso della geometria, le proiezioni, la prospettiva, l'assonometria e tutto il resto. Tutto ciò viene preso come "materiale" che prefiguri il costruire, ma è nello stesso tempo "materiale di montaggio" della figura, del progetto. Così come nell'altra stanza i corrispettivi dell'idea di materiale diventano i liberi segni a lapis della mano sulla carta d'album o i tratti del pennello sulla tela di un dipingere preso a prestito, che è rappresentare un reale-artificiale progettato e organizzato, così come lo smalto steso sul disegno misto fatto con matite grasse e pastelli a olio o gessi friabili e colla e solvente e biacca ed altro. La materia di questo secondo lavoro, proprio il suo valore segnico con il suo spessore, viene scelta, invece, con un valore tettonico, come fosse pietra o mattone, a sostanziare maggiormente l'oggetto di architettura progettata. Il gran parlare recente sulle questioni del disegno in architettura è un fenomeno che solo in parte mi riguarda, per il resto è un'onda fragorosa e lunga di cui aspetto con pazienza il passaggio e l'ultimo riflusso per continuare ad ascoltare, coma da sempre, nelle mie stanze, il lieve tramestio degli strumenti di progetto.



even if each has different features compared to the specific discipline (drawing) that obeys the rules of just one family.

And yet 'sin' taints the continuous, rhythmic coming and going between the two rooms. Even if this sin appears venial because it takes place under the same roof, in the same house, within this single double family, it is nonetheless subtle, mischievous, slavish and difficult to control. This 'situation' is one of the invigorating aspects of our work. It is an apprenticeship applied to architecture based on conventional design and representation rules that are broken down according to the principles of internal independence of the two moments and then recomposed based on calculated results.

One of these results, often still an objective, is the inseparability – when the design is judged or observed – of these two inputs which, up to that point, have been forced into a programmatic distinction. The metaphor of the two rooms corresponds to the real thought arrangement used in this event, but it also helps to prompt me into providing and re-proposing the two fields of definition of architecture separated by a more precise and truer watershed. One which is based on more careful observation, ready to capture different, original professional competences in each of the two subjects without false complementarity or unverified reciprocal instrumentalism.

The interpolation between these two parts which, as mentioned earlier, characterises the historical development of the idea-design, should not be based on an irresponsible or naïf approach. On the contrary, it should be the product of a calculated decision to 'disobey' when consulting the data of the 'other room'. What I call 'data' is not actually data, but information that can be deduced from a friendly workshop activity on both the design and the drawing of the design; this activity is characterised by the presence of many history books used as a tool box (Foucault) and considered as multiple pairs of glasses (Proust) to be changed until one senses what was imperceptible.

Furthermore, as regards the former (Foucault), the tools include: technical construction manuals, the concept of scale,

10/ 11/ Dario Passi, Senza titolo, 1986-1987. Olio su tavola
70 x 280 cm (Collezione Frac Centre di Orleans).
Dario Passi, Untitled, 1986-1987. Oil on wood 70 x 280 cm
(Frac Centre Collection, Orleans).



measurement and small graphics, the compass, ruler, set square, organisation of the function, the use of geometry, projections, perspective, axonometric projection, etc. All these are considered 'materials' prior to construction, but they are also 'materials to assemble' the figure, i.e., the design. Likewise in the other room the equivalent of the materials are the books with hand-drawn pencil marks on the paper in a notepad, or the brush strokes on a borrowed canvas representing a designed and organised real-artificial, or again the gloss on a mixed technique drawing executed with crayons, oil pastels or friable chalks, glue, solvent, ceruse, etc.

Instead the materials in the latter, more precisely their sign value and importance, are chosen for their tectonic value, as if they were stone or brick, and used to further enhance the designed architecture. The recent, widespread debate on architectural drawings leaves me cold; I simply stand and wait for the ebb and flow of this long thundering tide to pass so I can go on listening, as I have always done, in my rooms, to the faint workings of design tools.

La rappresentazione delle cose viste o conosciute

Mi piace far derivare il mio lavoro da una semplice restituzione delle cose studiate riferite viste o conosciute – senza interporre particolari interpretazioni – mettendo da parte l'invenzione e ancor più la volontà di meravigliare. Come raccontando disinvolatamente – così come viene senza ricerca di particolari parole – un episodio vissuto di natura normale per puntare ad una sua espressione visiva ottimale, ad una figura efficace, ad una rappresentazione fatta ad arte. Collegando senza mediazioni sensibili l'attività di pensiero su un argomento disciplinare con i suoi più diretti corrispettivi visivi, mi sembra che – di mezzo – il campo della parola risulti per lo più saltato, evitato. Ciò non per mettere questo parametro fuori del gioco delle parti ma per renderlo più libero, più disinvolto nello scegliere il suo ruolo di piena autonomia.

È in questo rapporto a tre tra pensiero parola e figura che mi viene naturale sistemare il mio lavoro, il quale solo per casuali scelte di vita si trova in questo caso applicato a quello che chiamo il progetto di architettura.

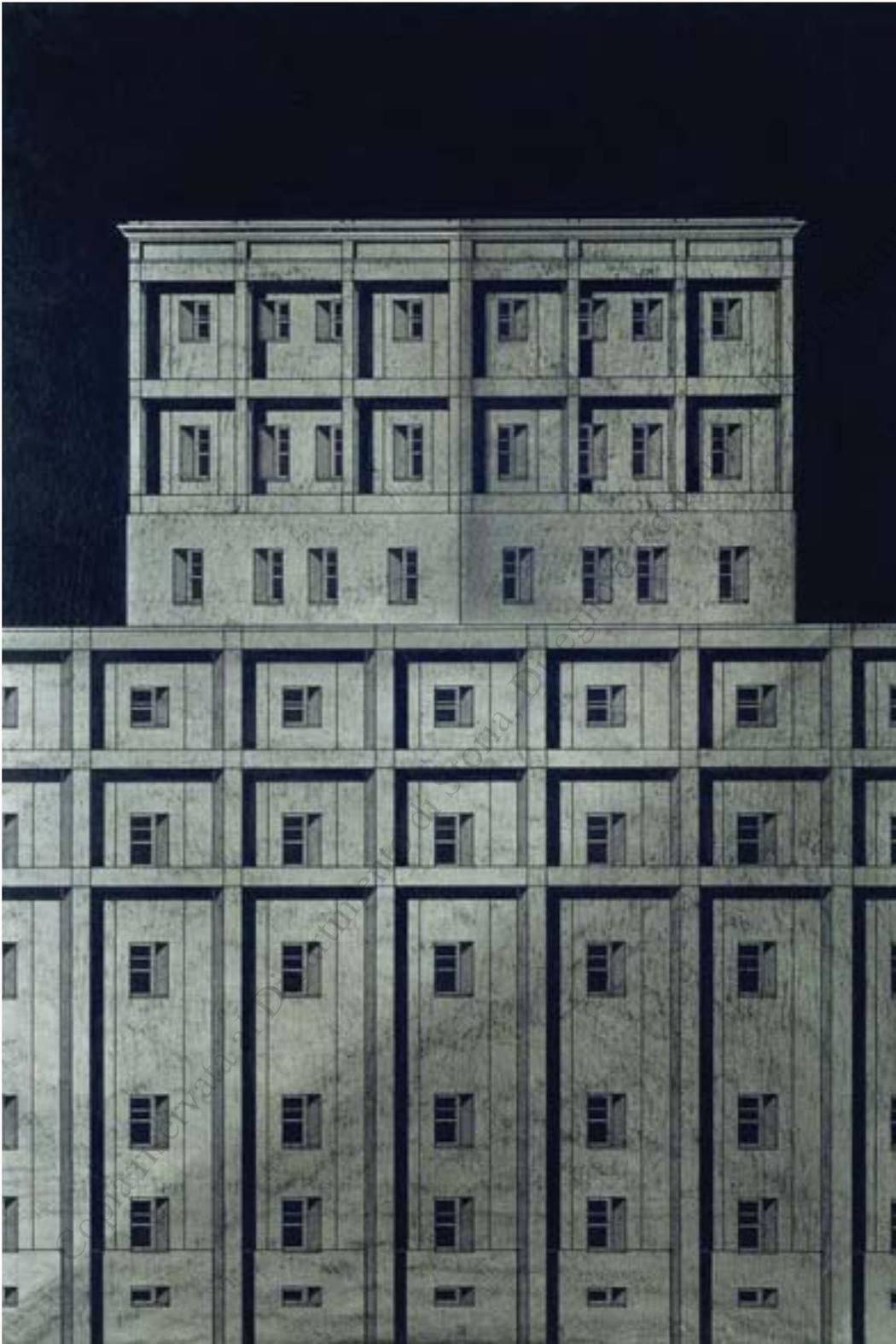
Dei tre elementi citati il primo – gli aspetti del mio pensiero – mi definisce fortemente. Così anche il terzo – la figura dei miei lavori –. Ma è in realtà l'elemento mediano – la parola – nella sua assenza di una precisa richiesta che avverto essere, ogni volta, quello determinante. Mi capita, cioè, di trovare la parola – la mia parola – in una situazione di libertà assoluta completamente alleggerita da ogni responsabilità di determinazione, in condizioni di ampia scelta tra una sua completa autoregressione e un ingresso da protagonista di primo piano a caratterizzare ulteriormente un rapporto già garantito e che continua a chiudersi – in forma di arco – tra il pensiero e la figura.

Questo quadro in cui la parola è libera di arcaicizzarsi come vuole – anche in forme di difficile sostenibilità – di sparire del tutto oppure di presentarsi in forme molto sottili secondo i casi, mi sembra simile all'eventualità di un jolly per un giocatore che stia già vincendo: ha un potere devastante in un campo già aperto. È l'espressione del senso pieno del lavoro. È il braccio lungo della figura. È il corpo del pensiero.



12/ Dario Passi, Autoritratto, 1984. China acquerellata su cartoncino, 100 x 70 cm.

Dario Passi, *Self-portrait*, 1984. Watercoloured China ink on Bristol board, 100 x 70 cm.



Representation of things I've seen or known

I like my work to be inspired by the simple restitutions of things I've studied, referred, seen or known (without the filter of any particular interpretation), putting aside invention and above all the desire to amaze. As if I were casually narrating – spontaneously without searching for any special words – a normal episode I'd experienced and trying to visually portray it to the best of my ability; to create a successful figure, a well-executed representation. As if I directly linked my thoughts about a disciplinary subject to its direct visual equivalents, without any sensorial mediation. I believe that I therefore more or less skip or avoid the field of words in the middle. I don't want to eliminate it from the role playing, but make it freer, more informal, so that it can make an independent decision about its role.

I find it normal to place my work in this three-way relationship involving thoughts, words and figures; random life choices influence this relationship which in this case is applied to what I call an architectural design. Of the three above elements, the first – aspects of my thoughts – describes me perfectly. And so does the third – the figures of my works. But in actual fact it's the second – words – that I feel is crucial on every occasion, because words don't ask for anything specific. More precisely, I end up finding words – my words – in a state of absolute freedom, completely relieved of any responsibility to opt, given the extensive choices in front of me, between complete self-regression and a star-studded role further characterising a previously guaranteed relationship that continues to stretch – like an arch – between thought and figure.

I believe that this is a situation in which words are free to either become as archaic as they wish – even in forms that are difficult to sustain – or to disappear altogether, or even present themselves in a very subtle form depending on what is involved; for a player who is already winning it's like having a jolly: its power is devastating in a field already wide open. It represents the full meaning of my work. It is the long arm of the figure. It is the body of thought.

Luca Ribichini

Sant'Ivo alla Sapienza tra Fede e Ragione
Sant'Ivo alla Sapienza: Faith and Reason

When we studied the creative dawn of Sant'Ivo alla Sapienza – when the architect's mind is filled with the images, thoughts and ideas influencing and affecting the shape of the building – we realised that its strict geometry might harbour a new and innovative theory: the building is nothing but the intense allegory of Wisdom divided, however, into two important elements that have affected, and continue to affect the way we live: Faith and Reason. Following these two paths we walked up steps leading to the knowledge of God; while the first, theology, unites man with God, the second, philosophy, only allows man to see and know him, but not to unite with him.

Key words: Borromini, Sant'Ivo alla Sapienza, Wisdom, Baroque, Philosophy, Faith, Reason.

The drawing with its patina, is like an X-ray.
We are tempted to say that Borromini
is more present here than in the work itself
(Paolo Portoghesi)



Dietro la rigorosa geometria di Sant'Ivo alla Sapienza, indagando la fase aurorale della creazione – quando nella mente dell'architetto circolano immagini, suggestioni, idee che influenzeranno e condizioneranno la forma dell'opera stessa – è emersa una nuova e inedita ipotesi, ossia che l'edificio altro non sia che una profonda allegoria della Sapienza, distinta nei due grandi elementi che hanno condizionato e continuano a condizionare il nostro modo di vivere: Fede e Ragione. Attraverso questi due percorsi si sale la scala che giunge fino alla conoscenza di Dio, ma mentre nel primo, quello teologico, ci si unisce a Lui, in quello filosofico si giunge soltanto a vederlo e a conoscerlo ma senza tuttavia a Lui congiungersi.

Parole chiave: Borromini, Sant'Ivo alla Sapienza, Sapienza, Barocco, Filosofia, Fede, Ragione.

*Il disegno con le sue velature, è una vera e propria radiografia.
Saremmo tentati di dire che Borromini
è qui presente più che nell'opera stessa
(Paolo Portoghesi)*

Emozionante e suggestivo, per alcuni versi, “stravagante e bizzarro”¹, l'edificio di Sant'Ivo alla Sapienza è un capolavoro indiscusso del Barocco italiano. Della sua genesi creativa, così come dei suoi elementi architettonici, sono state proposte, tuttavia, solo letture parziali. Al fine di ricostruire l'idea primigenia dell'opera e di coglierne i significati ancora inespressi, ho condotto un'indagine mettendo insieme indizi che, perlomeno in apparenza, risultano sparsi e in certi casi persino scollegati: l'ipotesi che ne emerge è totalmente nuova e identifica in Sant'Ivo la gigantesca rappresentazione della concezione scolastica del mondo. Un “poema” medievale, dunque, “tra le righe” di un edificio secentesco.

Gli indizi che hanno portato alla formulazione di questa ipotesi sono da ricondurre ad alcuni testi fondamentali della cultura teologica e filosofica medievale: *La gerarchia celeste* dello pseudo Dionigi l'Aeropagita, il *De consolatione philosophiae* di Severino Boezio, ma soprattutto le due composizioni dantesche del *Convivio*² e della *Divina Commedia* e di quest'ultima in particolare la terza cantica, dedicata al Paradiso e all'ascesa del Poeta fino a Dio.

Il primo testo rende conto della visione cosmologica altomedievale (il testo è databile intorno al V secolo) che molto influenzerà le formulazioni teologiche successive. La descrizione dei cieli e della distribuzione delle schiere angeliche trova pieno riscontro nell'intradosso della cupola di Sant'Ivo alla Sapienza, che infatti presenta sulle membrature tante stelle quanti sono i cieli, e tanti an-

geli quante sono le categorie previste dalla gerarchia dell'Aeropagita, supportando quindi l'ipotesi che Borromini abbia voluto realizzare nella volta la rappresentazione delle meccaniche celesti, in una visione mistica che è appunto quella dell'uomo di fede che si accosta a Dio.

Analogamente, è possibile identificare puntuali corrispondenze tra gli elementi architettonici dell'esterno della cupola e il *De consolatione philosophiae*, scritto circa nel 524 d.C., che tratta dell'organizzazione del sapere e del percorso razionale di conoscenza che eleva l'uomo dalla sua condizione puramente materiale alla conoscenza di Dio. La corrispondenza attiene, oltre ai temi sviluppati nel libro, nello specifico alla descrizione che Boezio propone dell'austera donna (allegoria della Filosofia) che gli fa visita mentre lui è in carcere. Ella gli appare avvolta in un sontuoso abito, sul quale sono ricamate la Pi greca di *praxis* nell'estremità inferiore e la Tau di *theoresis* in quella superiore; fra una e l'altra, a mo' di scala, sono disegnati i gradini della conoscenza che portano dall'esperienza pratica alla sapienza teoretica (figg. 2, 3). Allo stesso modo, la superficie esterna della cupola di Sant'Ivo presenta una struttura a gradini, che sono tanti quante le virtù: una vera e propria scala che conduce l'anima dalla base della copertura dell'edificio, sede della *praxis*, al tempio (come dicono i documenti dell'epoca) e alla spirale dell'estremità superiore, culmine dell'opera nonché apice dell'ascesa, sede dell'Empireo, luogo deputato della *theoresis*, dove alberga la conoscenza pura, ossia Dio.

Il riferimento alle opere di Dante, e principalmente alla *Commedia*, resta il più potente e il più suggestivo: è come se Borromini avesse voluto creare un “poema in pietra” che fos-

1/ *Pagina precedente*. Roma, Sant'Ivo alla Sapienza, cortile interno.
Previous page. *Rome, Sant'Ivo alla Sapienza, inner courtyard.*

2/ Allegoria della Filosofia come dipinta da Boezio (Cesare Ripa. *Iconologia*. Siena, 1613).
Allegory of Philosophy painted by Boethius (Cesare Ripa. Iconology. Siena, 1613.
3/ Rappresentazione della Filosofia, facciata del portale del Giudizio Universale di Notre Dame a Parigi. La scala di nove gradini è la scala philosophorum e i gradini rappresentano le doti o le virtù per accedere alla vera sapienza e conoscenza.

Representation of Philosophy, façade of the door of the Universal Judgement in Notre Dame, Paris. The nine step ladder is the scala philosophorum and the rungs represent the gifts or virtues required to access true wisdom and knowledge.

se la trasposizione architettonica dell'opera dantesca riferita alla vera conoscenza e sapienza; quasi un'inversione dell'*ut pictura poësis* oraziano, ponendo la poesia come primo termine di riferimento e chiedendo all'arte figurativa (in questo caso l'architettura) di tradurre lo stesso universale lirismo.

Il cammino di Dante si configura come una sintesi delle due visioni espresse dai testi sopra analizzati, poiché rende conto sia di un percorso organizzato e condotto mediante l'intelletto, sia di un'ascesa spirituale, propriamente religiosa, mossa dalla Fede. Il suo viaggio, infatti, è un graduale affrancamento dalle posizioni strettamente laiche (incarnate da Virgilio, guida pagana e massima trasfigurazione della poesia) a vantaggio di un'apertura spirituale e mistica che lo porta fino a Dio.

Per comprendere i rimandi di Sant'Ivo alla *Commedia* è necessario mettere a fuoco la doppia lettura dell'edificio borrominiano – mistica nello spazio interno, razionale nel volume esterno – e individuare negli elementi soprastanti la cupola (il tempietto e la spirale) il punto in cui i due percorsi di conoscenza, teologica e filosofica (Fede e Ragione), si fondono e conducono a Dio. Ecco allora che il tempietto rappresenta la sede dell'Empireo, e sopra di esso la spirale non è altro che la "candida rosa" dei Beati (immaginata da Dante), disposti in contemplazione dell'Altissimo.

Così letta, l'opera del Borromini rivela una volontà di conciliare i nuclei dicotomici sui quali la Chiesa si confronta e medita sin dalle origini: la Ragione, quale base della filosofia, e la Fede, quale fondamento della teologia. L'una e l'altra, quasi fronti paralleli, si schierano a margine di un unico cammino, univocamente direzionato dalla terra al cielo, in cui la Ragione procede esternamente all'edificio e la Fede internamente. Indubbiamente la visione dallo spazio interno attinge a una conoscenza più profonda, poiché prevede l'intervento divino e l'atto teologico del dono della Fede e, quindi, della salvezza. Certamente Borromini non prevedeva che un approccio escludesse l'altro, ma che anzi lo completasse: ecco perché in qualche modo si può considerare il suo edificio alla stregua del poema dantesco, che racconta ester-



namente di un livello conoscitivo filosofico e intellettuale (*Convivio*), e internamente di un'apertura allo spirituale, al mistico, a un'esperienza pienamente religiosa. Risuona in questa visione il duplice monito di sant'Agostino: «*crede ut intelligas*» e «*intellige ut credas*», ossia si creda per comprendere, ma anche si comprenda per credere. Un approccio che sana il conflitto tra i due volti della conoscenza e ne sancisce in qualche modo la complementarità, pur riconoscendo implicitamente la priorità della Fede, che sola permette l'unione con Dio e non solo l'avvicinamento a Lui.

Ma vediamo nel dettaglio come questa visione si sia definita, e quali elementi architetto-

Moving and inspiring, in some ways, 'extravagant and bizarre',¹ Sant'Ivo alla Sapienza is the undisputed masterpiece of Italian Baroque. Nevertheless, only partial interpretations have been written about its creative genesis and architectural elements. I therefore decided to perform a study to identify the primogenial idea behind its design and understand its unexpressed meanings. The study involved gathering clues that were ostensibly scattered far and wide and, in some cases, even unrelated. The theory I have elaborated is completely new: Sant'Ivo is a large-scale representation of the scholastic concept of the world. A medieval 'poem' written 'between the lines' of a seventeenth-century building.

The clues that led to the formulation of this theory relate to several fundamental medieval theological and philosophical texts: The Celestial Hierarchy by Pseudo-Dionysius the Aeropagite, The Consolation of Philosophy by Severino Boethius, but above all two of Dante's works, The Banquet² and The Divine Comedy, in particular the third canto dedicated to Paradise and the ascent of the Poet to the heavens.

The first text illustrating the cosmological vision drafted in the Early Middle Ages (dating approximately to the fifth century) was to have an enormous influence on later theological formulations. The description of the heavens and the distribution of the angelic hosts are portrayed perfectly in the intrados of the dome of Sant'Ivo alla Sapienza. In fact, on the ribs the stars equal the number of the heavens and the Angels equal the categories envisaged by the hierarchy established by the Aeropagite. This fact supports the theory that Borromini wanted to represent the celestial mechanics in the vault; a mystical vision of the man of faith drawing closer to God.

Likewise, the architectural elements of the exterior of the dome correspond perfectly to information provided in The Consolation of Philosophy written approximately in 524 A.D. The manuscript focuses on the organisation of knowledge and the rational cognitive process elevating man from his purely material state to one where he acquires knowledge of God. Apart from other issues

4/ A sinistra: sezione prospettica di Sant'Ivo (Opera del Cav. F. Borromino, tav. 8); a destra: la divisione dell'architettura in tre parti: I. il Mondo terrestre (la Gerarchia Ecclesiastica), II. la Volta Celeste (la gerarchia Celeste o gli Angeli), III. l'Empireo, dimora di Dio e dei Beati (elaborazione grafica dell'autore).
 Left: section of Sant'Ivo (by Francesco Borromino, tab. 8); right: the architecture divided into three parts: I. The Earth (the Ecclesiastical Hierarchy), II. The Vault of the Heavens (the celestial hierarchy or the Angels), III. The Empyrean, the house of God and the Blessed (graphic elaboration by the author).

5/ La volta di Sant'Ivo con evidenziati l'allegoria delle nove sfere celesti e il passaggio tra la cupola e la lanterna dove simbolicamente è presente Maria, la Ianua Coeli circondata dalle 12 stelle che collega il mondo celeste con l'Empireo "la casa di Dio" (lanterna o tempietto).
 The vault of Sant'Ivo showing the allegory of the nine celestial spheres and the space between the dome and the lantern where symbolically Maria, the Ianua Coeli, is surrounded by the 12 stars linking the celestial world to the Empyrean 'the house of God' (lantern or small temple).

illustrated in the book, the correspondences specifically relate to Boethius' description of the stern woman (allegory of Philosophy) who visits him while he is in prison. She appears in a magnificent dress with the Greek Pi of praxis embroidered on the hem and the Tau of theôrêsis on the upper bodice. The ladder of knowledge leading from practical experience to theoretical wisdom is drawn like a flight of steps between the two (figs. 2, 3). The exterior surface of the dome of Sant'Ivo also has a stepped structure; the number of steps correspond to the number of virtues: it is a real flight of steps leading the soul from the roof of the building, where praxis is located, to the small temple (the word used in old documents) and spiral at the very top of the building, the pinnacle of the ascent where the Empyrean is located. The Empyrean, the place hosting theôrêsis, the seat of pure knowledge, i.e., of God.

The most powerful and suggestive reference is to Dante's works, especially The Divine Comedy: it's as if Borromini wanted to create a 'poem in stone', an architectural transposition of Dante's work about true knowledge and wisdom; almost an inversion of Horace's ut picture poësis using poetry as the first term of reference and asking figurative art (in this case architecture) to interpret the same universal lyricism.

Dante's journey merges the two visions expressed by the above texts because it focuses not only on an itinerary organised and conducted using the intellect, but also on a spiritual, truly religious ascent prompted by Faith. In fact, during his journey Dante gradually sheds his strictly secular viewpoints (embodied by Virgil, pagan guide and supreme transfiguration of poetry) in favour of a spiritual and mystic openness that leads him straight to God.

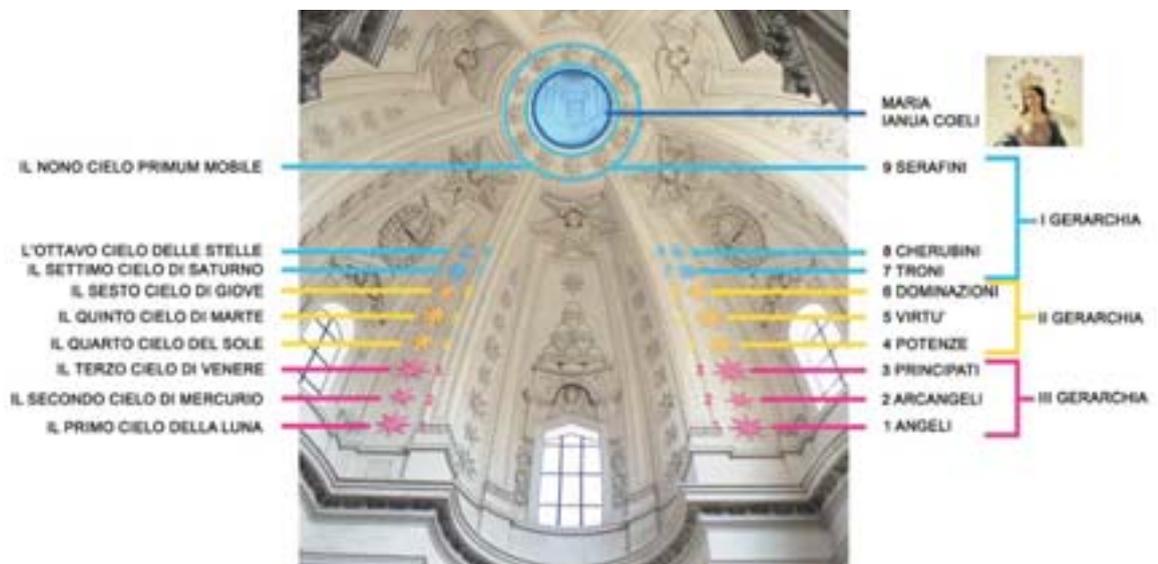
To understand the references between Sant'Ivo and The Divine Comedy we need to focus on the double interpretation of Borromini's building – a mystic interior and rational exterior. We also need to identify the elements above the dome (the small temple and spiral), the point where the two paths of knowledge – theological and philosophical (Faith and Reason) – merge and lead to God.



nici me ne abbiamo, passo dopo passo, dato ispirazione e conferma.

L'interno di Sant'Ivo (fig. 4) è strutturato in tre comparti volumetrici sovrapposti, ben identificabili. Il primo, che dal pavimento ter-

mina nell'architrave in aggetto su cui si imposta la cupola, coincide con la massa basamentale; a questo livello possono accedere i laici e la gerarchia ecclesiastica, entrambi appartenenti al mondo terreno: è il primo gra-



6/ L'oculo della cupola che rappresenterebbe il nono cerchio chiamato Primum Mobile e che collega direttamente con Empireo tramite la Vergine Maria.

The oculus of the dome ostensibly representing the ninth circle known as the Primum Mobile leading directly to the Empyrean thanks to intercession by the Virgin Mary.

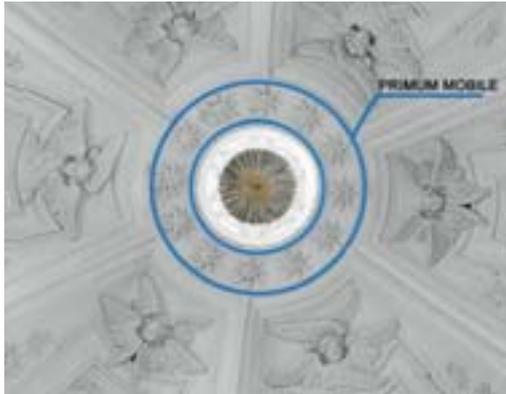
7/ Struttura del cielo in Dante Alighieri, nella terza cantica (Paradiso) della Divina Commedia, dove il poeta descrive la visione del proprio viaggio nel Paradiso.

Dante Alighieri's structure of the heavens in the third canto

(Paradise) of the Divine Comedy in which the poet describes the vision of his own journey in Paradise.

8/ Nella volta Borromini ha graduato le varie gerarchie angeliche, partendo dagli Angeli a due ali, per passare a quelli con quattro ali e finire con quelli a sei ali.

Borromini graduated the angelic hierarchies in the vault, starting with the two-winged Angels, then the four-winged Angels and finally the six-winged Angels.



dino dell'ascesa "dal mondo materiale a quello spirituale". Il secondo comparto comprende la volta celeste, che dal piano di imposta architravato sale fino all'oculo – o anello – della cupola. La terza e ultima parte è costituita dalla lanterna, qui detta tempietto, e dalla spirale soprastante (Empireo).

La presente analisi si sofferma sulle ultime due parti (fig. 5) che forniscono numerosi riferimenti ai testi sopramenzionati e in generale alla cultura scolastica e medievale che Sant'Ivo segretamente racconta.

Non può infatti sfuggire come Borromini abbia collocato lungo le membrature della volta una gamma di stelle a sei e otto punte. Esse si librano dal piano di imposta della cupola, scandendone la curvatura ascensionale fino all'innesto con l'anello finale, un cerchio perfettamente tondo, che rappresenta l'ultimo cielo: il Primo Mobile. Le stelle sono nove, come nove sono i cieli mossi dalle gerarchie celesti identificate da Dionigi l'Aeropagita³ e dalla tradizione cosmologica medievale che Dante ben descrive nella terza cantica della *Commedia*, a cui probabilmente l'architetto fa riferimento⁴. Siamo dunque lontani dalla rivoluzione eliocentrica di Copernico, sebbene le sue teorie risalgano a un secolo prima della costruzione di Sant'Ivo e sebbene, a quella data, fossero state già abbondantemente discusse⁵.

Il modello cui Borromini si è ispirato è piuttosto quello geocentrico introdotto da Tolomeo, che prevedeva intorno alla Terra otto sfere celesti concentriche, a cui fu poi aggiunto il nono cielo, il *Primum Mobile*⁶ (fig. 6), motore della meccanica cosmogonica, e infine l'Empireo, luogo spirituale amaterico e adimensionale, eternamente immobile, sede dei Beati, degli Angeli e di Dio. A conferma della corrispondenza tra il numero di stelle e i cieli medievali all'interno di Sant'Ivo intervengono gli Angeli (le intelligenze preposte al movimento delle varie sfere celesti, fig. 7) ordinatamente posti dal basso verso l'alto (fig. 8): in basso, più vicini agli uomini, gli Angeli a due ali che muovono il cielo della Luna e insieme agli Arcangeli e ai Principati muovono i cieli rispettivamente di Mercurio e Venere, gli astri più vicini alla Terra; più su, gli Angeli a quattro ali cui è

The small temple is the seat of the Empyrean; above it the spiral is nothing but the 'white rose' of the Blessed (imagined by Dante) seated in contemplation of the Almighty.

This interpretation of Borromini's design reveals his desire to reconcile the dichotomous nuclei tackled and discussed by the Church since time immemorial: Reason as the basis of philosophy, and Faith as the foundation of theology. They are almost like parallel façades on either side of a path leading in a single direction from earth to heaven; Reason proceeds on the outside of the building and Faith on the inside. Undoubtedly the vision of the internal space refers to a much deeper knowledge because it involves divine intervention and the theological act of the gift of Faith and therefore of salvation. Obviously Borromini did not intend for one approach to exclude the other, on the contrary he saw them as complementary. To a certain extent this is why we can consider his building like Dante's poem: on the outside it involves a cognitive, philosophical and intellectual level (The Banquet); instead on the inside it describes a readiness for spirituality and mysticism, for a truly religious experience. This vision echoes the double admonishment by St. Augustine: "crede ut intelligas" and "intellige ut credas", i.e., believe that you may understand, but also understand that you may believe. This approach solves the conflict between the two faces of knowledge and somehow endorses their complementary nature even if it implicitly acknowledges the priority of Faith as the only way to achieve union with God and not just to come close to him.

Now let's see how this vision emerged and which architectural elements gradually inspired my theory and then provided confirmation.

The interior of Sant'Ivo (fig. 4) is divided into three, easy to identify, superimposed volumetric compartments. The first, from the floor to the projecting architrave supporting the dome, coincides with the mass of the base; this level can be accessed by laymen and the ecclesiastical hierarchy, both belonging to the world of man: it is the first step of the ascent 'from the material world to the spiritual world'. The second compartment includes the heavenly

9/ L'anello finale della cupola che rappresenta il Primum Mobile, identificabile con Maria, vera Ianua Coeli che collega l'Empireo con la volta celeste; le dodici stelle, come nell'aureola intorno al capo della Vergine Maria, simboleggiano gli Apostoli.

The final ring of the dome representing the Primum Mobile, i.e., Mary, the real Ianua Coeli linking the Empyrean to the vault of heaven; the twelve stars, like an aureole around the head of the Virgin Mary, symbolise the Apostles.



vault, from the plane of the architrave impost to the oculus – or ring – of the dome. The third and last part is the lantern, here called Small Temple, and the spiral above it (The Empyrean).

This article will focus on the two uppermost parts (fig. 5) since they provide several references to the aforementioned texts and in general to the scholastic and medieval culture secretly narrated in Sant'Ivo.

Everyone can see that Borromini placed six-pointed and eight-pointed stars along the ribs of the vault. They soar from the plane of the impost of the dome, marking the ascensional curvature up to where it meets the final ring: a perfectly round circle representing the final heaven: the Primum Mobile. There are nine stars just as there are nine heavens inspired by the celestial hierarchies identified by Dionysius the Aeropagite³ and also by the medieval cosmological tradition Dante describes so well in the third canto of The Divine Comedy, to which the architect probably referred.⁴ This is a far cry from Copernicus' heliocentric revolution, even though he formulated his theories one hundred years before the construction of Sant'Ivo, and in the meantime these theories had already been widely discussed and debated.⁵

Borromini was inspired more by Ptolemy's geometric model which had eight concentric celestial spheres around the Earth plus a ninth

assegnato il compito di muovere i cieli intermedi, Sole, Marte e Giove; più in alto ancora, subito sotto l'oculo della cupola, troviamo gli Angeli a sei ali che muovono Saturno, le Stelle Fisse e il Primo Mobile⁷. Qui la volta culmina nell'anello, un cerchio perfetto, una corona di dodici stelle che, come nell'aureola intorno al capo della Vergine Maria, simboleggiano gli Apostoli nonché le virtù della Beata (fig. 9).

Il passaggio, la *Ianua coeli*, per l'Empireo non può dunque che essere la Madonna, il tramite perfetto tra la condizione umana e quella divina, condizioni delle quali Ella partecipa con la sua santa maternità.

Anche all'esterno gli elementi architettonici della volta di Sant'Ivo lasciano intravedere un moto ascensionale, una nuova metafora in pietra del percorso verso la Sapienza Suprema, ossia la conoscenza di Dio, ma stavolta a opera della Ragione, lontani da ogni misticismo.

Ai cieli rappresentati internamente corrisponde nell'estradosso una struttura a gradini, precisamente dodici, come dodici sono le Virtù che conducono alla massima vicinanza con il divino e i relativi campi d'indagine scientifica che dalla *praxis* portano alla *theoresis* e alla vera Sapienza (figg. 10, 11).

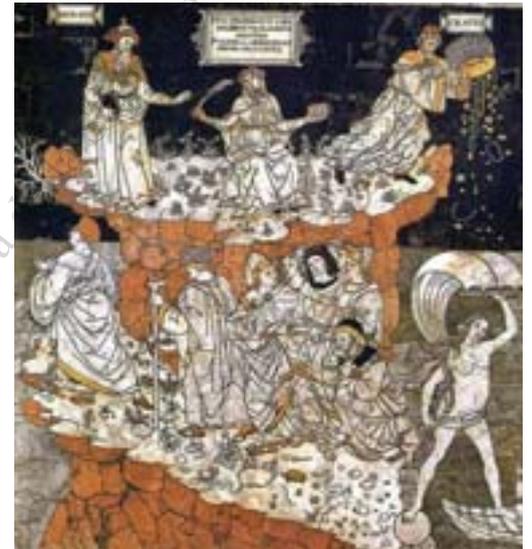
Al termine della scala, un recinto delimita la base del tempietto: si tratta di una balaustra nella quale si apre un varco (fig. 12) posto in asse con l'ingresso del palazzo. Questo passaggio non ha una reale funzionalità pratica, poiché non è previsto che si possano davvero scalare "fisicamente" i gradini della volta esterna, ma in esso è possibile individuare la rappresentazione simbolica di una via sapienziale che si apre davanti agli occhi del saggio: il filosofo che sceglie l'intelletto come strumento di conoscenza di Dio può entrare nel recinto sacro, ma il tempietto, sede dei Beati e culmine del cammino di Fede, resta per lui solo una visione dall'esterno, poiché la Ragione, strumento che egli ha scelto per conquistare la conoscenza, non ha potere di esercizio nel dominio spirituale della Fede, custodito all'interno (fig. 13).

Al di sopra della volta di Sant'Ivo si colloca il tempietto, ossia la lanterna, che funge da teca della luce raccolta all'esterno e che la

10/ L'Allegoria del colle della Sapienza, mosaico pavimentale in opus sectile (1505), realizzato da Paolo Mannucci su cartone di Pinturicchio (Cattedrale di Santa Maria Assunta, Siena).

Allegory of the hill of Wisdom, floor mosaic in opus sectile (1505) built by Paolo Mannucci based on a cartoon by Pinturicchio (Cathedral of Santa Maria Assunta in Siena).

11/ La scala che accede alla Montagna sacra: ogni gradino corrisponde a una delle dodici Virtù (incisione di Baccio Baldini). *The ladder up the sacred Mountain: Every rung corresponds to one of the twelve virtues (engraving by Baccio Baldini).*

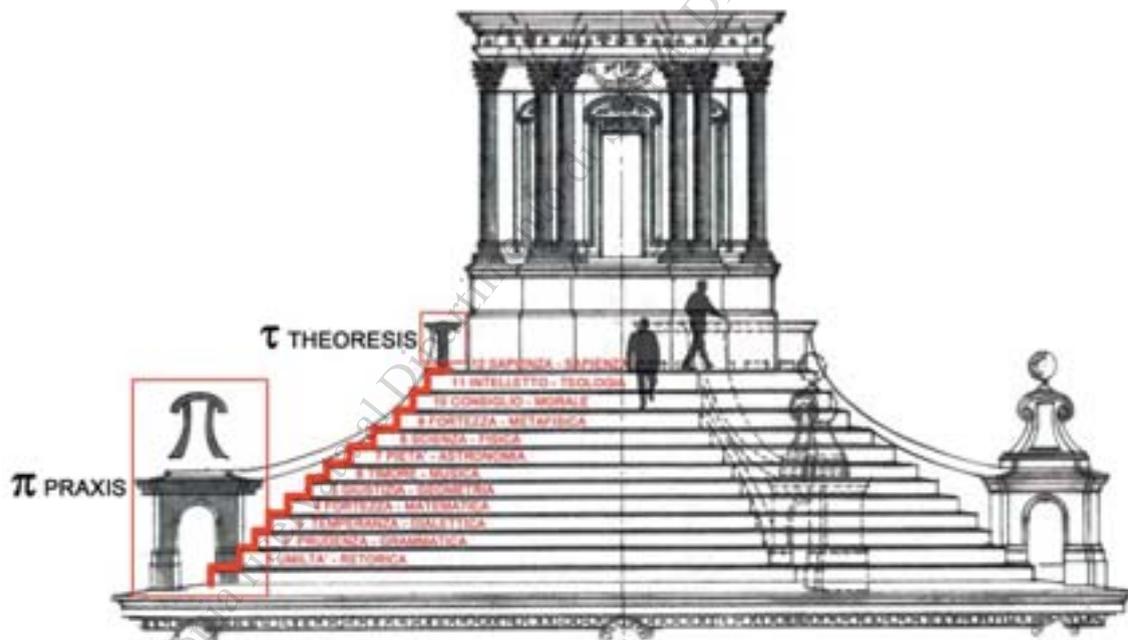
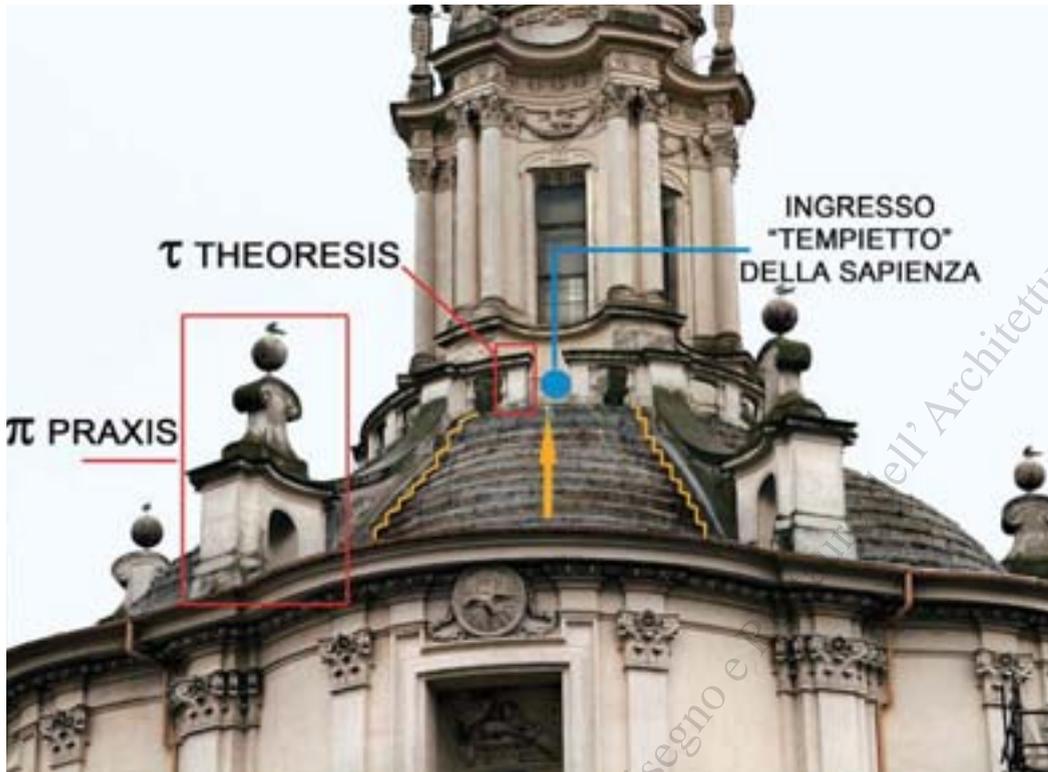


12/ Elaborazione grafica per evidenziare l'ingresso della balaustra che dà accesso al luogo dove sono presenti i saggi e i filosofi.

Graphic elaboration to emphasise the entrance of the balustrade providing access to the place hosting the sages and philosophers.

13/ Elaborazione grafica che chiarisce l'ipotesi progettuale di Borromini. I gradini esterni rappresentano le Virtù e le capacità dei Saggi e dei Filosofi che consentono di salire ed entrare nel recinto dei Saggi; le scienze e le arti poste sui gradini sono desunte dal Convivio di Dante (Trattato II, cap. XIII, XIV).

Graphic elaboration clarifying the hypothetical design by Borromini. The outer steps represent Virtues and the skills of Sages and Philosophers allowing them to enter the forum of the Sages; the sciences and arts on each step are taken from The Banquet by Dante (Treatise II, chap. XIII, XIV).



proietta attraverso l'oculo nell'interno dell'edificio. Se tutto ciò che è stato finora detto ha senso, allora questo elemento architettonico non è altro che la rappresentazione dell'Em-

pireo, il non-luogo impalpabile, amaterico, e per questo non delineabile e indefinibile, che si colloca al di là delle nove sfere celesti. Dante, attraverso le parole di Beatrice, lo descri-

heaven, the Primum Mobile⁶ (fig. 6), the engine of cosmogonic mechanics, and finally the Empyrean, an immaterial and non-dimensional spiritual place, eternally immobile: the place of the Blessed, the Angels and of God. The Angels are the intelligences tasked with moving the various celestial spheres (fig. 7); neatly arranged from the bottom upwards (fig. 8) they confirm the correspondence between the number of stars and the medieval heavens inside Sant'Ivo. At the bottom, closest to mankind, the two-winged Angels who move the heaven of the Moon and together with the Archangels and the Principates respectively move the heavens of Mercury and Venus, the planets closest to Earth; further up, the four-winged Angels are responsible for moving the intermediate heavens, the Sun, Mars and Jupiter; further still, just under the oculus of the dome, the six-winged Angels move Saturn, the Fixed Stars and the Primum Mobile.⁷ Here the vault culminates in the ring, a perfect circle, a crown of twelve stars which, like the aureole around the head of the Virgin Mary, symbolise the Apostles as the virtues of the Blessed (fig. 9).

The Madonna is the only path, the *Ianua coeli*, to the Empyrean. She is the perfect mediator between the human and divine condition since she has experienced both with her holy motherhood.

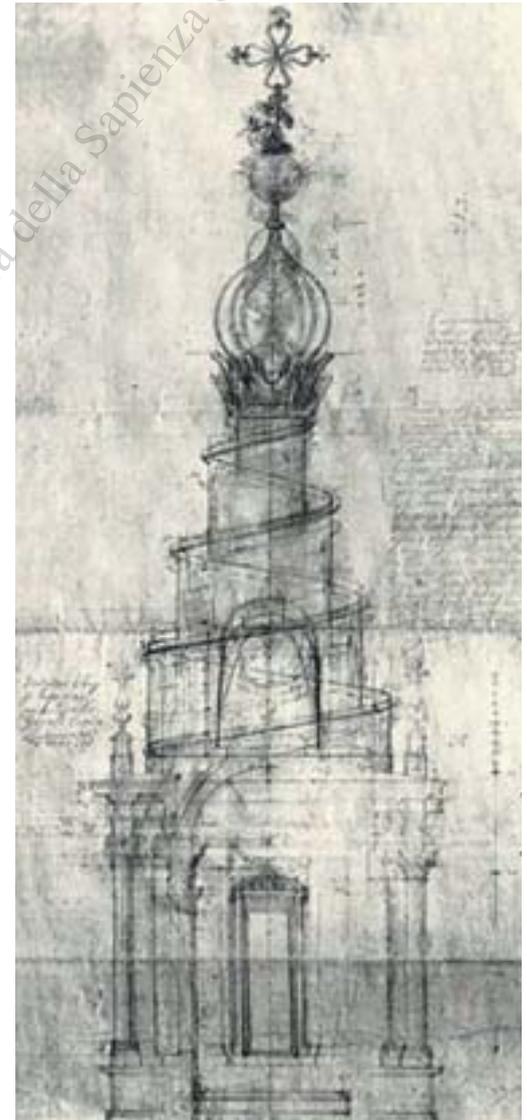
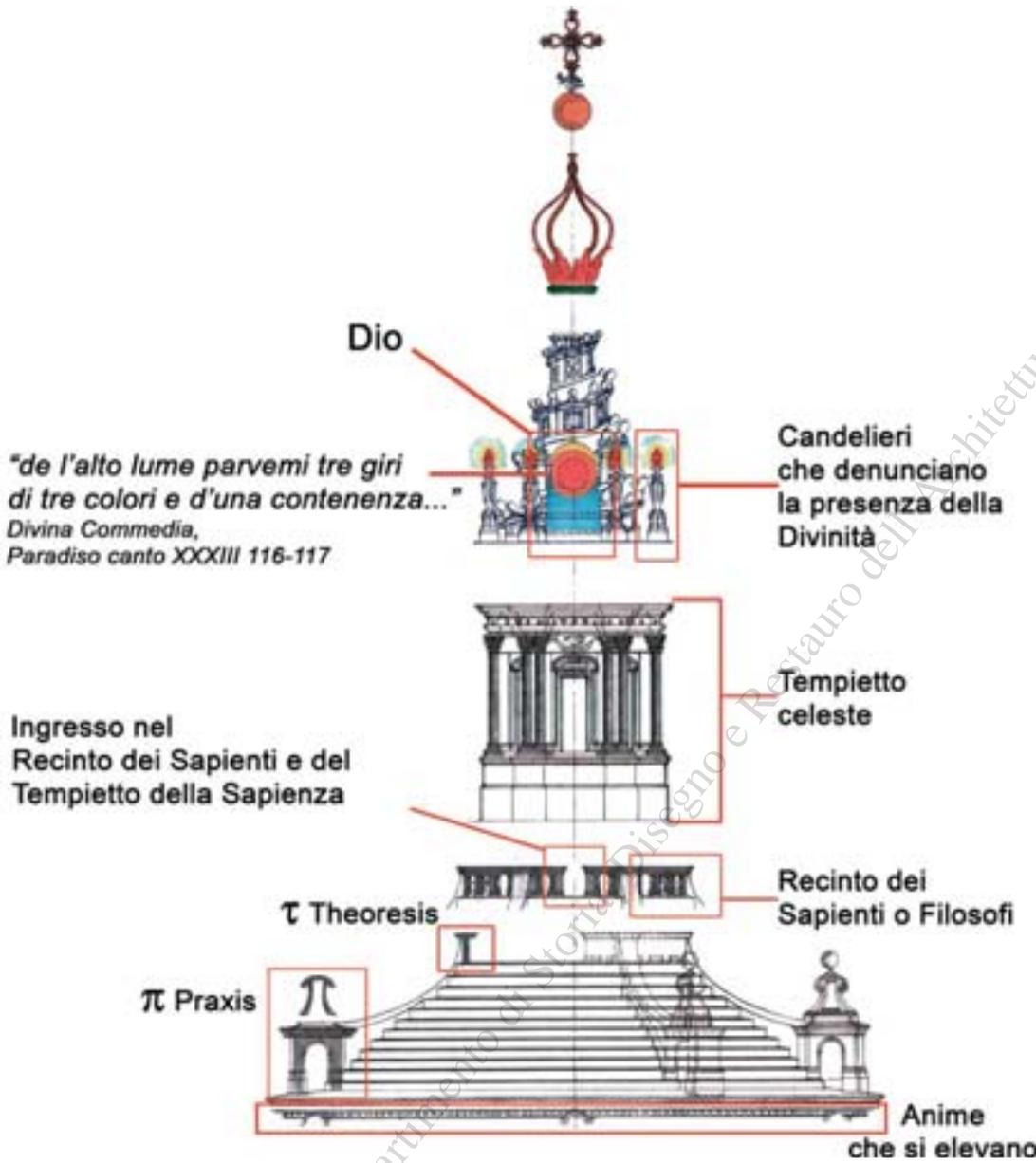
Even on the outside, the architectural elements of the vault of Sant'Ivo betray an ascensional movement, a new metaphor in stone of the path to Supreme Wisdom, i.e., knowledge of God. This time however it involves Reason and has nothing to do with mysticism.

The heavens depicted internally correspond to the stepped structure of the extrados, twelve in all, i.e., the twelve Virtues leading to the point closest to the Divine; they also correspond to the scientific research fields leading from praxis to theôresis and true Knowledge (figs. 10, 11). At the end of the stepped structure a railing surrounds the base of the small temple; the balustrade has an opening (fig. 12) in axis with the entrance to the building. The opening has no practical function because no-one can 'physically' use the steps of the outer vault. Nevertheless we can identify this symbolic

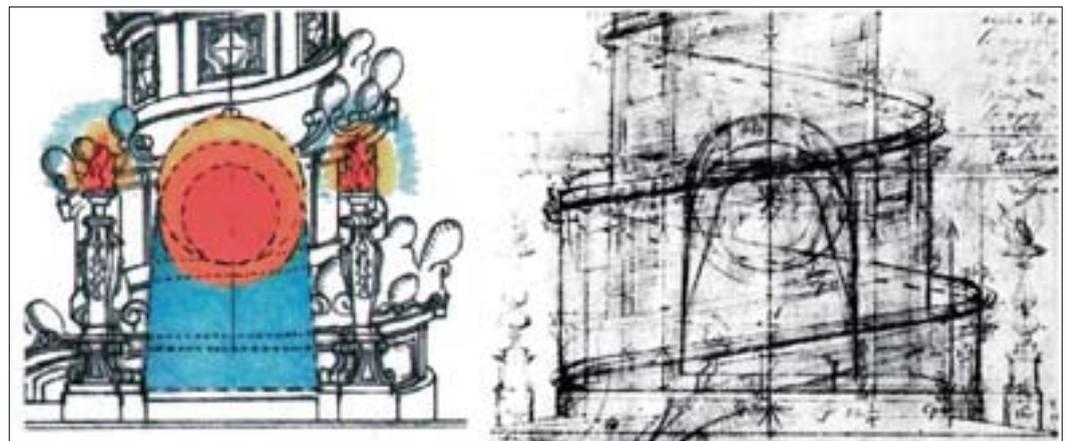
14/ Elaborazione grafica che riassume l'ipotesi progettuale di Borromini.
 Graphic elaboration showing the hypothetical design by Borromini.

15/ A sinistra, elaborazione grafica a sostegno dell'ipotesi del luogo Divino. A destra Borromini, Studio per la lanterna, particolare dei tre cerchi.
 Left: graphic elaboration supporting the hypothesis of the Divine place. Right: Borromini, Study of the lantern, detail of the three circles.

16/ Borromini, Studio per la lanterna (tempietto) di Sant'Ivo alla Sapienza (Vienna Albertina Azr 510).
 Borromini, Study of the lantern (small temple) of Sant'Ivo alla Sapienza (Vienna Albertina Azr 510).



representation as a route of wisdom opening up in front of the learned: the philosopher who chooses intellect as a cognitive tool to understand God can enter the sacred area, but for him the small temple, the seat of the Blessed and ultimate goal of the walk of Faith, can be seen only from the outside since Reason, the tool he has chosen to conquer knowledge, has no power in the spiritual domain of faith housed inside (fig. 13).
 The small temple, i.e., the lantern, is located on top of the vault of Sant'Ivo; it acts as a cabinet of sunlight projected through the oculus into the building. If everything we've said so



17/ John Flaxman, Visione di Dio, Canto XXXIII, 115-117: «de l'alto lume parvermi tre giri di tre colori e d'una contenenza».

John Flaxman, Vision of God, Canto XXXIII, 115-117: "In the profound and shining Being of the deep Light / three circles appeared / of three colours and one magnitude".

18/ La Rosa dei beati Paradiso, Divina Commedia, manoscritto miniato, XV secolo.

The Rose of the Blessed, Paradise, The Divine Comedy, illuminated manuscript, fifteenth century.

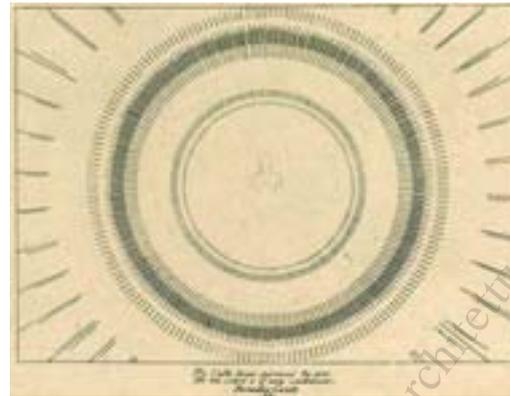
19/ Giovanni di Paolo, La Rosa dei Beati. *Giovanni di Paolo, The Rose of the Blessed.*

ve nel XXX Canto del Paradiso come il «ciel ch'è pura luce / luce intellettuale, piena d'amore» (vv. 39-40). Il grande elemento circolare dorato, posto come decorazione sulla sommità voltata del tempietto appare simbolicamente come lo Spirito Santo (o Cristo?) che scende sugli uomini, infondendoli e illuminandoli.

Da qui lo spazio e il tempo, così come li concepisce l'uomo, perdono di significato, mentre si fa strada una verticalità dall'aura puramente spirituale, che si manifesta nella spirale che sovrasta il tempietto. Si tratta della punta, del culmine della chiesa di Sant'Ivo, che corrisponde agli ultimi passi del cammino di Dante, quelli che lo portano al cospetto di Dio (fig. 14).

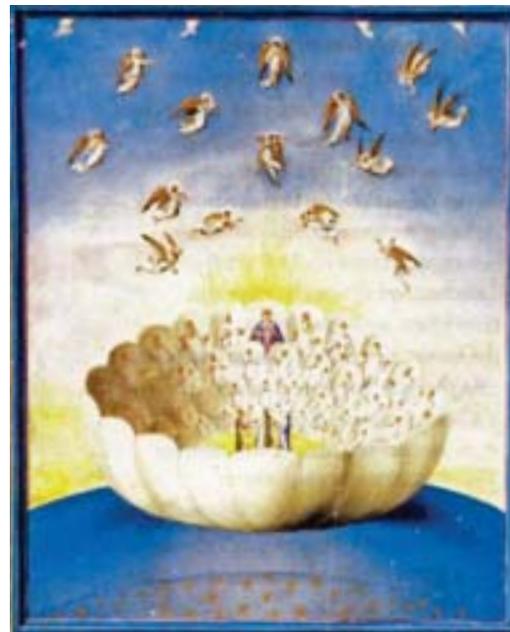
Vista in sezione, la chiocciola rivela al suo interno la presenza di un piccolo ambiente voltato, chiuso e vuoto. Apparentemente privo di una rilevanza tanto strutturale quanto simbolica, questo elemento architettonico viene posto in una luce immensamente significativa da un disegno del Borromini, precisamente il disegno 510 (figg. 15, 16). A proposito di questo documento, Paolo Portoghesi sottolinea come in esso si evidenzia: «il modo caratteristico di Borromini di porsi il problema architettonico e di rappresentare l'architettura che egli sembra scrutare con i raggi X del suo prodigioso mestiere. Il disegno con le sue velature, è una vera e propria radiografia che scopre dove serve la struttura interna come una sezione o descrive le superfici come un prospetto o diventa entrambe le cose insieme dove descrive la chiocciola che acquista così la immateriale sostanza diafana di una medusa sospesa nell'acqua [...]. Saremmo tentati di dire che Borromini è qui presente più che nell'opera stessa»⁸.

Parole precise che rendono giustizia a un elaborato grafico che ha in effetti tutte le caratteristiche di una vera e propria radiografia, nella quale è possibile identificare non solo i profili esterni dell'edificio ma anche quelli interni, rivelando l'elaborazione primigenia dell'opera, le meditazioni dell'artista, il progetto comprensivo di tutti gli elementi tanto realizzati quanto ripensati ed eliminati. Qui è possibile individuare, proprio all'interno del piccolo ambiente voltato di cui andiamo a trat-



tare, tre cerchi che si rivelano confusamente, in modo onirico, connessi tra loro ma quasi rarefatti (fig. 15).

Ecco allora che, seguendo in simultanea il viaggio del Sommo Poeta verso la divinità e quello di Borromini verso la massima rappresentazione della Sapienza, si ritrova – in cor-



far makes sense, then this architectural element is simply the representation of the Empyrean, the nonexistent, immaterial and therefore non-delineable and indefinable non-place located beyond the nine celestial spheres. Dante has Beatrice describe it in the XXX Canto of Paradise as "into the heav'n, that is unbodied light / Light intellectual replete with love" (vv. 39-40). The big golden circular element decorating the vaulted ceiling of the small temple symbolically appears to be the Holy Spirit (or Christ?) descending on man, reassuring and enlightening him.

From this point on, space and time as we know them lose their meaning; they are replaced by a verticality with a purely spiritual aura revealed in the spiral above the small temple, the pinnacle, the top of the church of Sant'Ivo. It corresponds to the last steps in Dante's journey, the steps that will lead him into the presence of God (fig. 14).

The section of the spiral reveals the presence of a small vaulted room, closed and empty. Ostensibly without either a structural or symbolic role, this architectural element is emphatically emphasised in a drawing by Borromini: drawing n. 510 (figs. 15, 16). Commenting on this document, Paolo Portoghesi underscores "Borromini's characteristic manner of posing an architectural problem and representing the architecture that he seemingly studies using the X-rays of his phenomenal expertise. The drawing with its patina is like an X-ray revealing either where the inner structure is needed as a section, or portraying the surfaces as a façade, or both things together; the depicted spiral acquires the immaterial diaphanous body of a jellyfish floating in water [...]. We are tempted to say that Borromini is more present here than in the work itself".⁸

Very precise words that do justice to a drawing that indeed has all the characteristics of an X-ray showing not only the exterior profile of the building, but also the interior; it reveals the primigenial elaboration of the work, the artist's thoughts, the design, including all the built elements and the ones he reviewed and eliminated. Inside this small vaulted room, which we will now examine in

20/ Francesco Botticini, Assunzione della Vergine. Londra, National Gallery, 1475-1476.

Francesco Botticini, *The Assumption of the Virgin*. London, National Gallery, 1475-1476.

21/ Sedile curule, a confronto con la spirale dove si ipotizza che le lunette siano le sedute onorifiche ove i Beati sono accomodati e sono rivolti verso Dio, come nelle rappresentazioni precedenti della Rosa dei Beati. A destra, la Rosa dei Beati, dove i Beati sono assisi e seduti rivolti verso l'unica vera luce: Dio.

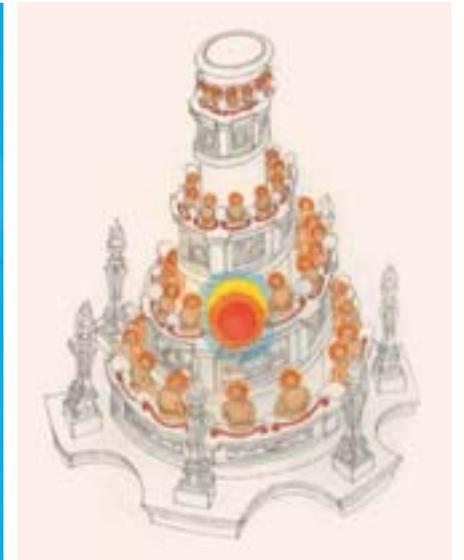
Curule seat, compared to the spiral; it is thought that the lunettes are the honorary seats where the Blessed are seated facing God, as in the previous representations of the Rose of the Blessed. Right: the Rose of the Blessed, where the Blessed are seated facing the one true light: God.

more detail, there are three rather muddled and oneiric circles, interconnected but almost rarefied (fig. 15).

This concurrent review of Dante's journey towards God and Borromini's attempt to provide the best possible representation of Wisdom leads us to what we have identified as the Empyrean where we find a faithful representation of Dante's description of his meeting with God in the XXXIII Canto of Paradise (vv. 115-120): "In the profound and shining Being of the deep Light / three circles appeared / of three colours and one magnitude: / one seemed refracted by the other / like Iris's rainbows / and the third seemed fire breathed equally from both" (figs. 17).

The three circles in the drawing are not present in the architecture of Sant'Ivo. However, this does not diminish their symbolic value, on the contrary it increases it, because if it's true – and it is true – that Dionysius the Aeropagite wrote that God cannot be defined as an affirmation but as a negation, as absence (apophatic theology, the opposite of cataphatic theology, approaches God by negation, speaking of God only in terms of what he is not), then by following the visionary thread that has brought us this far we can say that Borromini really did intend to place the divinity exactly where he drew the three circles: in an empty space in the centre of the spiral above the small temple, the structure symbolising the Empyrean, the house of God. Another correspondence confirms this interpretation: the incense burners (fig. 15). In churches they identify the sacred space where the divinity is present, even if invisible; here instead they are aligned externally with the inner vaulted room of the spiral.

If internally the spiral guards this fascinating mystery, externally it has other characteristics showing it to be, once again, the symbolic representation of the Empyrean. In fact, it is not only the seat of the divinity, but also of the Blessed who are allowed to perpetually contemplate God. The Blessed are placed in a 'white rose'; each one occupies a petal as if it were a seat facing the centre of the 'flower' (figs. 18, 19, 20). Along its entire ascending curvature the spiral of Sant'Ivo has seats similar to curule chairs (fig. 21): in itself this



rispondenza di quello che abbiamo identificato come Empireo – una rappresentazione fedele di quanto descrive Dante quando nel XXXIII Canto del Paradiso (vv. 115-120) arriva a contemplare Dio: «ne la profonda e chiara sussistenza / de l'alto lume parvermi tre giri / di tre colori e d'una contenenza; / e l'un da l'altro come iri da iri / pareo riflesso, e l' terzo pareo foco / che quinci e quindi igualmente si spiri» (fig. 17).

I tre cerchi presenti nel disegno sono assenti nell'architettura di Sant'Ivo, ma questo non ne riduce la valenza simbolica anzi la accresce, poiché se è vero – com'è vero – che Dionigi l'Aeropagita scrisse che Dio non può essere definito come affermazione ma piuttosto come negazione, come assenza (la teologia apofatica, in opposizione alla catafatica, è quella che procede alla conoscenza di Dio per via di negazioni, dicendo ciò che Dio non è), allora

22/ Vista zenitale della spirale.

Bird's-eye view of the spiral.

23/ Parallelo tra la cupola di Sant'Ivo e una rosa con i petali esterni aperti; si noti come si ricrei la cupola vista zenitalmente e soprattutto la sua geometria.

Comparison between the dome of Sant'Ivo and a rose with open petals; note how the bird's-eye view of the dome is recreated, above all its geometry.

possiamo ben dire, seguendo il filo visionario che ci ha condotti sin qui, che Borromini ha davvero voluto collocare la divinità in corrispondenza del punto in cui ha disegnato i tre cerchi: in un vuoto al centro della spirale sovrapposta al tempietto, struttura che simboleggia l'Empireo, la casa di Dio.

A convalidare questa interpretazione interviene un'altra corrispondenza: allineati con l'ambiente voltato interno della spirale sono posti, esternamente, i candelieri (fig. 15), che nei luoghi di culto identificano lo spazio sacro, dove la divinità è presente, pur se invisibile. Se internamente la spirale custodisce questo affascinante mistero, esternamente presenta

altre caratteristiche che la connotano nuovamente come espressione simbolica dell'Empireo: questo infatti non è solo sede della divinità, ma anche dei Beati a cui è consentita la contemplazione perpetua di Dio. I Beati sono disposti nella "candida rosa", della quale ciascuno occupa un petalo come fosse un seggio, rivolti verso il centro del "fiore" (figg. 18, 19, 20). La spirale di Sant'Ivo presenta, lungo tutta la curvatura ascendente, dei sedili simili a delle vere e proprie sedie curuli (fig. 21): questi di per sé non sarebbero sufficienti a giustificare l'associazione con i petali che accolgono i Beati, ma se si osserva zenitalmente (fig. 22) la spirale dell'edificio, l'immagine

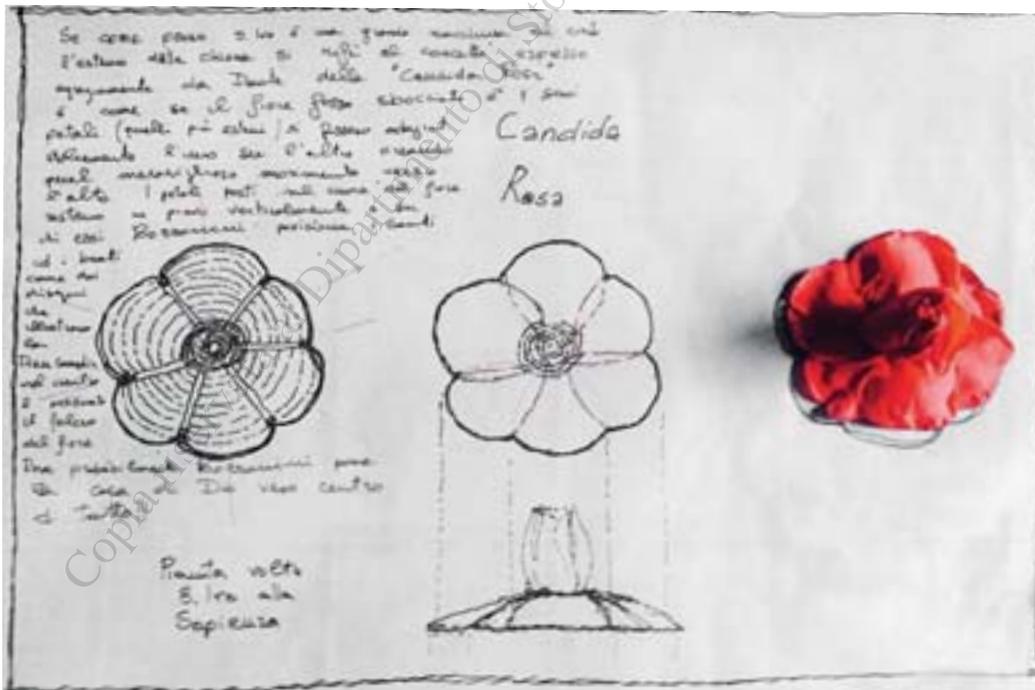
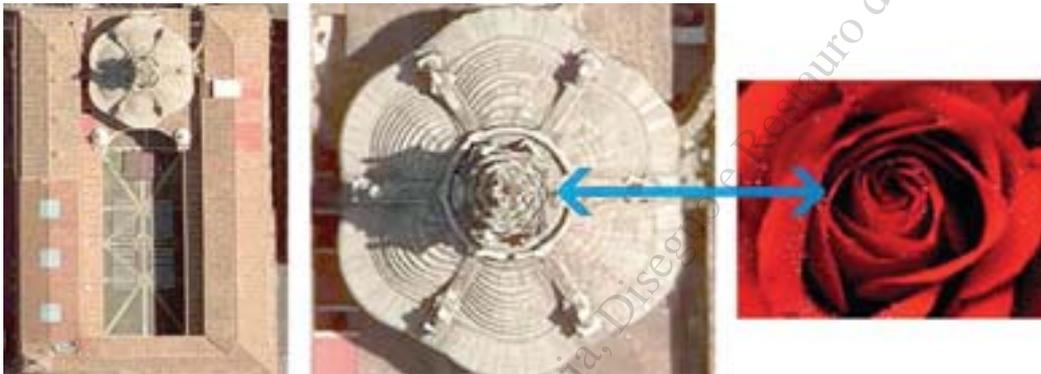
is not enough to justify the association with the petals on which the Blessed are seated, but if one looks at the spiral of the building from above (fig. 22) the arrangement looks very much like an enormous rose (fig. 23). From this viewpoint the spiral rising towards the top of the dome looks like an amphitheatre, just like most iconographic images that tend to represent it as a holy flower with its petals. The end of the journey for Dante is also the end of the journey for the architect whose line of thought we have followed here. The architect appears to have used the third canto of Dante's Divine Comedy to transcribe 'Wisdom' in stone, encrypting a medieval cathedral inside a Baroque building and revealing a universe of symbols under the false pretences of seventeenth-century *bizzarrie* (fig. 24).

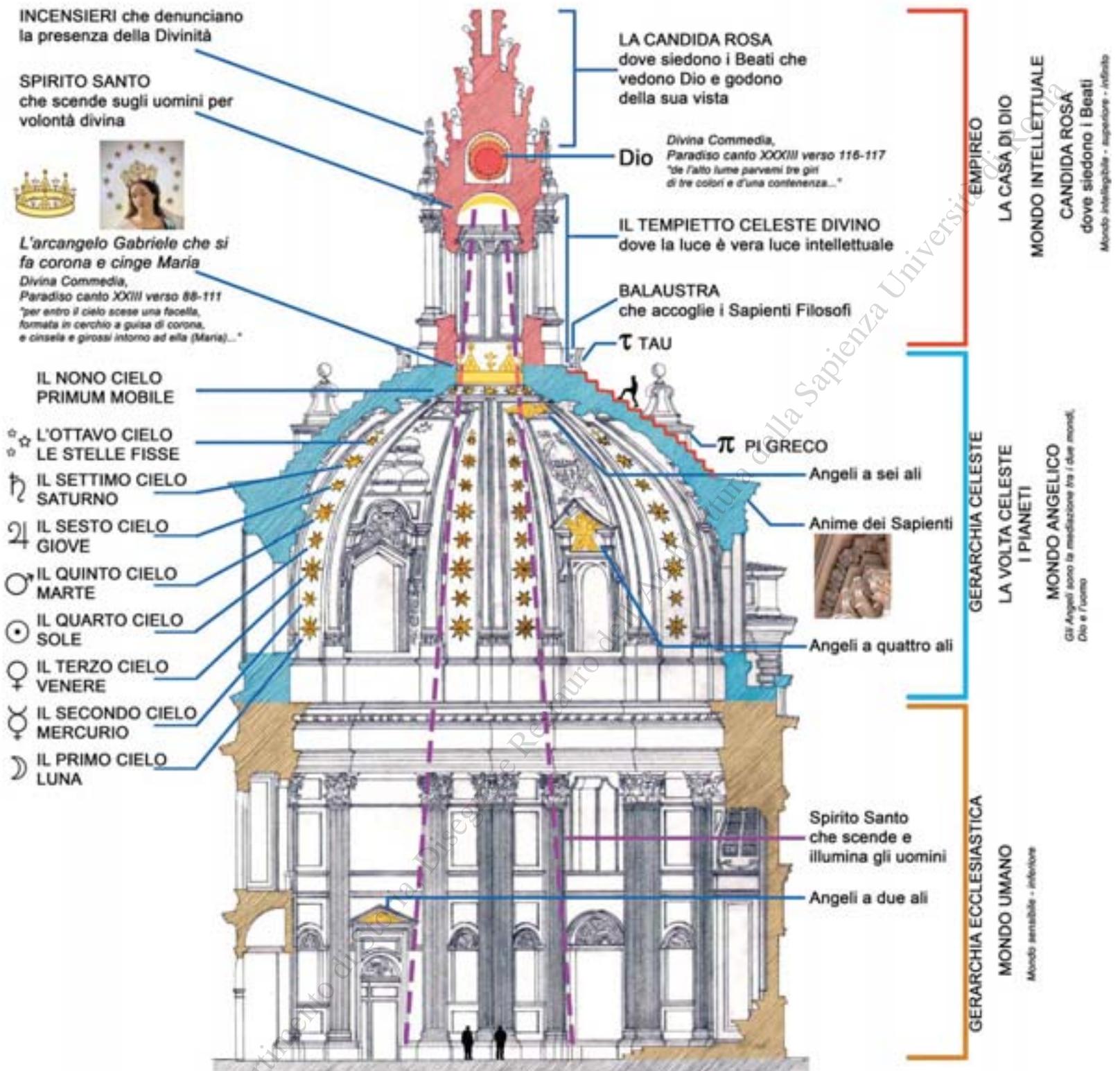
* This study used the survey performed by the research group of the Doctorate in Representation and Survey Sciences (2009) coordinated by Professors Piero Albinetti, Laura De Carlo and Emanuela Chiavoni. The list of texts at the end of this paper has been paired down. Although the list is arbitrary and incomplete it includes the most important and representative texts for the purposes of this paper.

1. Quatremère de Quincy. Dizionario storico di Architettura. Edited by Valeria Farinati, Georges Teysot. Venezia: Marsilio Editore, 1992, p. 143. "[Bizzarrie] in architecture expressed a taste contrary to received principles, a quest affected by extraordinary forms, and of which the sole merit consists in the very novelty which constitutes its vice. [...] *bizzarrie*, gives birth to a system destructive of nature's order and forms [...] Borromini and Guarini were 'masters of the bizarre manner'.

2. In Dante's book, *The Banquet*, man can only unite with God and save his soul thanks to a mystic ascent produced by the sentiment of love, but also by following philosophy and knowledge, i.e., through reason which, by studying reality, elevates us.

3. To understand the whole literary and spiritual structure of the Aeropagite's work we need to comprehend: "that what this speculation, i.e., first and foremost Neoplatonism, offered Christianity was the concept of the general idea of the degrees of the cosmos. The world is divided into a lower and upper world, a sentient world and an intelligible world, that are not only opposed to one another, but their essence lies in this reciprocal communication, in their opposing polarisation.





There is an uninterrupted path of mediation from one pole to another, from super being to super one, from the kingdom of absolute form down to matter as the absolute absence of form. The infinite passes, along this route, to the finite; along it the finite returns to the infinite. This portrays the entire process of redemption, including not only God made man, but the transformation of man in God. However there is always an 'interval' that has to be filled, a middle ground that separates, that cannot be crossed in one leap, but can only be taken step by step in a strictly regulated order. In Dionysius' work the author describes and systematically presents the staircase which, descending step by step, leads from the heavens to the earth and, ascending, from the earth to the heavens. The world of pure intelligence and pure celestial forces lies between God and mankind; it is divided into three

che se ne ricava somiglia in modo impressionante alla rappresentazione di un'enorme rosa (fig. 23). Da questa prospettiva la spirale che sale verso la punta della cupola rende l'effetto di un anfiteatro, proprio come gran parte dell'iconografia tende a rappresentare il santo fiore e i suoi petali.

Dove approda il percorso sapienziale del Poeta giunge infine anche quello dell'architetto, che pare – in questa suggestione di cui abbiamo voluto seguire l'andamento – trascrivere in pietra la "Sapienza" tramite la terza cantica della *Commedia* dantesca, criptando una cattedrale medievale all'interno di un edificio ba-

rocco e rivelando un universo di simboli sotto le mentite spoglie di bizzarrie secentesche (fig. 24).

* Nel presente studio è stato utilizzato il rilievo eseguito dal gruppo di ricerca del Dottorato in Scienze della Rappresentazione e del Rilievo (2009) coordinato dai professori Piero Albinetti, Laura De Carlo, Emanuela Chiavoni. L'elenco dei testi a chiusura del contributo è frutto di una necessaria selezione che, se pur arbitraria e incompleta, privilegia i testi reputati più rilevanti e rappresentativi per la stesura del presente saggio.

24/ Pagina precedente. Elaborazione grafica che sintetizza e chiarisce l'ipotesi generativa e progettuale di Borromini. Previous page. Graphic elaboration summarising and clarifying Borromini's generative and design hypothesis.

1. Quatremère de Quincy. *Dizionario storico di Architettura*. A cura di Valeria Farinati, Georges Teyssot. Venezia: Marsilio Editore, 1992, p. 143. «[Bizzarria] Vocabolo, che in architettura significa un gusto contrario ai principi adottati, una ricercata affettazione di forme straordinarie, il cui merito non consiste in altro che nella novità, la quale ne forma il vizio [...] la bizzarria fa nascere un sistema distruttore dell'ordine e delle forme dettate dalla natura [...] Borromini e Guarini sono stati i maestri del genere Bizzarro».

2. Nel *Convivio* di Dante il congiungimento con Dio e la relativa salvezza dell'anima sono delle mete che non si possono raggiungere attraverso un'ascesi mistica prodotta dal sentimento d'amore ma seguendo la filosofia e il sapere, cioè attraverso la ragione che, indagando la realtà ci consente di elevarci.

3. Per capire l'intera struttura letteraria e spirituale dell'opera dell'Areopagita è necessario: «Ciò che questa speculazione, ciò che prima di tutto il neoplatonismo offriva al cristianesimo erano il concetto dell'immagine generale dei gradi del cosmo. Il mondo si divide in un mondo inferiore ed in un uno superiore, in un mondo sensibile ed in uno intellegibile, i quali, non solo sono contrapposti gli uni agli altri, ma hanno la loro essenza proprio in questa loro comunicazione reciproca, nella loro opposta polarizzazione. Da un polo all'altro, dal super essere e super uno, dal regno della forma assoluta fin giù alla materia come assoluta assenza di forma, va una via ininterrotta di mediazione. L'infinito trapassa, per questa via, nel finito; su di essa, il finito ritorna all'infinito. Qui è incluso l'intero processo della redenzione, il quale comprende tanto il farsi di Dio uomo, quanto il trasformarsi di uomo in Dio. Rimane però sempre un "intervallo" da colmare, rimane un medio che separa, che non si può superare di un balzo, ma che può solo venire misurato passo a passo, in una successione strettamente regolata. Questa scala che, degradando, conduce dal celeste al terreno, e, risalendo, da questo a quello negli scritti di Dionigi ci viene descritta e presentata sistematicamente. Tra Dio e gli uomini sta il mondo delle pure intelligenze e delle pure forze celesti, che si ripartisce in tre

cerchi, i quali sono, a loro volta, ognuno in se stesso, triplicemente divisi. Al primo cerchio appartengono i Serafini, i Cherubini, i Troni; al secondo le Dominazioni, le Virtù, le Potenze; al terzo i Principati, gli Arcangeli e gli Angeli. Così ogni essere procede, secondo i gradi determinati di irradiazione, da Dio, per raccogliersi e concentrarsi, da ultimo, nuovamente in lui. Come tutti i raggi del cerchio si irradiano dal centro, così è Dio origine e meta di tutte le cose». Ernst Cassirer. *Individuo e cosmo nella filosofia del Rinascimento*. Firenze: La Nuova Italia, 2001, p. 22.

4. Nella terza cantica (Paradiso) della *Divina Commedia* il poeta descrive la visione del proprio viaggio nel Paradiso. La terza cantica è divisa in cieli, che sono nove e ricalcano il sistema cosmologico aristotelico-tomistico: i primi sette infatti corrispondono ciascuno a un pianeta del Sistema solare, l'ottavo è quello delle stelle fisse, il nono del *Primum Mobile* e infine il decimo, che risulta essere la sede propria di Dio e dei beati, è l'Empireo.

5. Il testo *De revolutionibus orbium coelestium, libri VI*, di Niccolò Copernico, venne pubblicato a Norimberga nel 1543 dallo stampatore tedesco Johann Petreius.

6. Secondo l'astronomia medioevale e rinascimentale, il Primo Mobile (o in latino *Primum Mobile*) è il cielo più esterno delle sfere cosmiche che ruotano attorno alla Terra in base al modello geocentrico dell'universo. Da questo cielo parte il movimento che mette in moto e trasmette progressivamente il movimento a tutte le altre sfere sottostanti (le stelle e i pianeti).

7. Si può vedere come Borromini abbia graduato le varie gerarchie angeliche progressivamente partendo dagli Angeli a due ali, che sono i più vicini all'uomo, per poi passare a quelli con quattro ali e per finire ai Serafini, che sono prossimi alla divinità, con sei ali. Ritroviamo un movimento dal basso verso l'alto in linea con la filosofia generatrice ipotizzata. Gli angeli sono dotati di uno, due o tre paia di ali e la differenza tra questi dipende dalla velocità.

8. Portoghesi 1989, p. 155.

circles which in turn are again divided into three. The Seraphs, Cherubims and Thrones belong to the first circle; the Dominions, Virtues and Power to the second; the Principates, Archangels and Angels to the third. Thus every being proceeds according to the degree of irradiation determined by God, and in the end gathers and concentrates in God once again. All the radii of the circles irradiate from the centre; likewise God is the origin and goal of all things". Ernst Cassirer. Individuo e cosmo nella filosofia del Rinascimento. Firenze: La Nuova Italia, 2001, p. 22.

4. In the third canto (Paradise) of The Divine Comedy the poet describes the vision of his own journey to Paradise. The third canto is divided into nine spheres of heavens similar to the Aristotelian-Thomistic cosmological system: in fact, the first seven each correspond to a planet of the solar system, the eighth refers to fixed stars, the ninth to the Primum Mobile and lastly the tenth is the place where God and the Blessed reside: Paradise.

5. The De revolutionibus orbium coelestium, book VI, by Nicolaus Copernicus, was published in Nuremberg in 1543 by the German printer Johann Petreius.

6. According to medieval and renaissance astronomy, the Primum Mobile is the outermost heaven of the cosmic spheres rotating around the earth based on a geocentric model of the universe. The movement that starts from this heaven then triggers and gradually transmits movement to all the other heavens below (the stars and the planets).

7. Borromini arranged the various angelical hierarchies progressively, starting with the two-winged Angels who are closest to man, then the four-winged Angels and finally the six-winged Seraphs, closest to the divinity. There is a bottom-up movement in line with the generating philosophy theorised in this article. Angels have two, four and six pairs of wings and the difference depends on their speed.

8. Portoghesi 1989, p. 155.

References

- Azzaro Bartolomeo. Formatività simbolica borrominiana in Sant'Ivo alla Sapienza. In *L'Università di Roma "La Sapienza" e le università italiane*. A cura di Bartolomeo Azzaro. Roma: Gangemi Editore, 2008, pp. 47-68.
- De Carlo Laura, Chiavoni Emanuela, Romor Jessica, Wahbeh Wissam. Geometry and Symbols in Sant'Ivo alla Sapienza in Rome. In *Domes and Cupolas. An International Journal for Architecture, Engineering, Conservation and Culture*. Vol. 1, 2014, n. 1. Firenze: Angelo Pontecorboli Editore, pp. 65-75.
- De Rubertis Roberto. *Il disegno dell'architettura*. Roma: Carocci Editore, 1994. 288 p. ISBN: 978-88-4302-517-6.
- Docci Mario. *Disegno e analisi grafica*. Bari: Edizioni Laterza, 2009. 314 p. ISBN: 978-88-4210-915-0.
- Fagiolo Marcello. *Roma Barocca, i protagonisti gli spazi urbani, i grandi temi*. Roma: De Luca editori d'arte, 2013. 688 p. ISBN: 978-88-8016-829-4.
- Portoghesi Paolo. *Borromini nella cultura europea*. Bari: Edizioni Laterza, 1982. 488 p. ISBN: 88-4201-955-0.
- Portoghesi Paolo. *Francesco Borromini*. Milano: Electa, 1989. 492 p. ISBN: 978-88-4201-955-8.
- Saggio Antonino. Interpretazioni del capolavoro di Borromini alla Sapienza. Il motivo del doppio e le altre considerazioni. *Disegnare. Idee Immagini* 39, 2009, pp. 50-59.

Antonino Saggio

Perché rappresentare l'invisibile? *Information Technology*, spazio dell'informazione e nuove sfide per il progetto e la rappresentazione
Why represent the invisible? Information Technology, information space and new challenges for design and representation

As our knowledge evolves the space we traditionally perceive as empty space filled with physical entities has become a dense, solid and above all physically manipulable space thanks to a series of sensors that create bridges between what we see and what we don't see. This paper is intended to help those who tackle, or wish to tackle, the topic of representing the invisible; it also provides information about its theoretical importance and how useful it can be in the evolving world of architecture.

Key words: invisible space, Information Technology, representation.

This contribution asks an ostensibly simple question: "Why do we have to represent the invisible?" The question has multiple answers. The first involves the 'need' for representation. Let's not forget that today representation is crucial, because only by representing the invisible is it possible to design and build: scientific and technological progress provides this very real possibility.

The second issue involves the concept of space: which space is the right space in which to represent and then design the invisible. Of course, no 'objective' concept of space actually exists, instead it evolves as time goes by and according to the theoretical, technical and operational instruments available. Personally, I believe that the concept of 'information space' is the best concept with which to tackle the challenges we face today.

The third issue involves the superimposition between this concept of space and the contemporary scientific debate. Here too I should point out that the space we perceive as invisible is in fact dense, solid and manipulable. So to study the correlations between the 'quanta' that make up space we can use the concept of information.

Lo spazio che tradizionalmente percepiamo come un vuoto popolato da entità fisiche è diventato nello sviluppo del pensiero scientifico uno spazio denso, pieno, e soprattutto manipolabile concretamente attraverso una serie di sensori che creano dei ponti tra quello che vediamo e quello che non vediamo. Scopo del saggio è offrire un contributo a quanti affrontano o avranno intenzione di affrontare il tema della rappresentazione dell'invisibile nel tentativo di coglierne non solo la rilevanza teorica, ma anche l'utilità per gli sviluppi dell'architettura.

Parole chiave: spazio invisibile, Information Technology, rappresentazione.

Questo contributo si pone una domanda, apparentemente semplice: «Perché dobbiamo rappresentare l'invisibile?». Da questa domanda discendono molte questioni.

La prima riguarda «la necessità» di questa rappresentazione. È bene anticipare che questa rappresentazione è oggi indispensabile perché solo se possiamo rappresentare l'invisibile lo possiamo in seguito progettare e quindi costruire: si tratta di una possibilità resa completamente disponibile oggi dall'avanzamento scientifico e tecnologico.

La seconda questione riguarda in quale concezione di spazio si colloca la questione del rappresentare per poi progettare l'invisibile. In questo testo ci si muove nella consapevolezza che non esiste affatto una idea «oggettiva» di spazio, ma che esso evolve nelle varie epoche insieme agli strumenti teorici, tecnici e operativi che sono disponibili, e in una concezione di «spazio come informazione» che, per chi scrive, è la più adatta alle sfide oggi aperte.

La terza questione affronta le sovrapposizioni tra questa concezione di spazio e il dibattito scientifico contemporaneo. E anche qui vale la pena anticipare: lo spazio che percepiamo come invisibile in realtà è denso, è pieno, è manipolabile e per studiare le correlazioni tra «i quanti» che lo compongono possiamo usare il concetto di informazione.

L'insieme teorico tracciato in questo contributo non intende essere una speculazione astratta poiché l'*Information Technology* consente di creare dei ponti molto concreti tra la sfera elettromagnetica – appunto l'invisibile – e la sfera fisicamente abitabile e visibile. Alla fine del percorso la domanda che si rivolge a chi legge è: non sono forse rappresentazione e progettazione storicamente obbligate a rappresentare e progettare una dimensione nuova, «estesa» di realtà basata su una profondamente diversa concezione di spazio visto che oggi abbiamo la possibilità di costruire concretamente una architettura che ne incorpori le nuove caratteristiche?

Forze invisibili

Il vento non si vede, ma esiste. La sua potenza, la sua direzione e velocità determina negli edifici alcune specifiche soluzioni. Per esempio alcuni grattacieli sono strallati al suolo, oppure hanno triangolazioni strutturali lungo lo sviluppo verticale, oppure hanno un andamento elicoidale per non far impattare l'edificio con il vento. D'altro lato tutto il mondo della costruzione ha molto a che vedere con una forza assolutamente invisibile: quella di gravità.

Nel globo terrestre dalla atmosfera al sottosuolo corrono filoni di energia invisibili. Alcune culture, soprattutto orientali, pensano da migliaia di anni che sia inconcepibile costruire senza tenere conto di queste forze. È una idea presente anche nelle culture pre-cristiane mediterranee: basti pensare agli Etruschi che avevano sviluppato un intero sapere per interpretare queste forze, magari lette anche nelle maree o nelle fasi lunari o nel volo degli uccelli, e operare di conseguenza scelte molto concrete (come quelle della localizzazione delle città, delle necropoli, dei templi). Apparentemente nulla di nuovo quindi: l'invisibile fa parte delle scelte concrete dell'architettura anche se ben raramente, ormai, di questi te-



1/ Pagina precedente. Agrimusco Zona preistorica, Montalbano Elicona, Messina.
Previous page. Agrimusco prehistoric area, Montalbano Elicona, Messina.

mi si parla. In lingua italiana è tradotto il popolare libro *La dimensione nascosta*¹ che indaga anche lo spazio sonoro e olfattivo oltre a molti altri per determinare un approccio di sicura utilità che l'autore chiama prossemico.

Ma attenzione, in questo saggio compiremo un salto fondamentale. Nel 2015 dobbiamo rappresentare l'invisibile basandoci sull'impegnoso sviluppo che la scienza, da quando è stata inventata l'elettricità, ha compiuto. Tremila anni dopo la civiltà etrusca, oggi siamo in grado non solo di leggere alcune forze invisibili, ma di crearle noi stessi. Siamo in grado di far interagire queste forze invisibili con l'architettura reale perché siamo nella Rivoluzione Informatica. Ma per capire meglio dobbiamo prendere coscienza del fatto che non esiste uno spazio oggettivo dato una volta per tutte e che le concezioni spaziali mutano nel tempo al variare dei progressi dell'umanità.

Diverse concezioni spaziali

Isaac Newton ha formulato due assunti che inscrivono l'intero sviluppo della concezione spaziale cosiddetta classica. Il primo recita: «Esiste uno spazio immobile»; il secondo, «Esiste un tempo assoluto bastato sulla simultaneità»². Ora gli architetti hanno collocato i loro oggetti "dentro" questo spazio e dentro questo tempo assoluto, e lo hanno rappresentato e costruito sino ad oggi, questo spazio assoluto. Molti ancora lo faranno per decenni e pochi sfidano l'assunto di questa idea di assoluto spaziale. L'idea newtoniana è stata talmente radicata da pensarla "vera", "oggettiva". È il mondo delle coordinate cartesiane, è lo spazio delle regole mongiane, è quello della presenza certa dell'oggetto.

Ma se ci muoviamo indietro nel tempo vediamo subito che Newton ha compiuto una vera rivoluzione perché precedentemente la concezione di spazio era assolutamente diversa e molte volte ne erano state ancora prima, e se facciamo un salto dopo Newton scopriamo concezioni ancora diverse.

Intendiamoci bene, non è che la fisica classica o la sua concezione spaziale sia "sbagliata", tutt'altro; essa è precisa e molto utile in una serie numerosa di fatti e dimensioni, ma esistono fenomeni che non funzionano affatto dentro quella teoria. Già nel 1905 un vero bastian

contrario, rivoluzionario e fuori dall'accademia, dimostrò in una serie di articoli che possiamo andare molto, molto, molto più in là rispetto a quello che Newton pensava.

Quanti e relatività

Il caso più evidente da studiare con diverse categorie rispetto a quelle della fisica classica è quello della luce. La luce, come si è compreso solo nel Novecento, fa parte di una estesa onda di radiazioni, lo spettro elettromagnetico³ che va sia a monte che a valle della luce e che per esempio contiene i raggi laser, i raggi ultravioletti, i segnali radio, i segnali televisivi, le onde wifi o bluetooth tutte in gran parte completamente invisibili. Ora, la luce viaggia nel tempo e nello spazio a una velocità altissima – 300.000 km al secondo – e questa altissima velocità determina, come Albert Einstein provò, una serie di conseguenze rilevanti e certe: lo spazio e il tempo non sono affatto assoluti come sosteneva Newton (e come noi siamo abituati a pensare perché così catechizzati sin dall'infanzia), ma dipendono dall'osservatore o meglio dal sistema di riferimento in cui si colloca l'osservatore. Crollano di conseguenza alcuni concetti come la simultaneità, e addirittura si spiega diversamente la gravità perché invece di essere una astratta e imprecisata forza, essa è vista come creazione di un campo deformabile dalla massa. Deriva da questo la concezione di spazio-tempo e la celeberrima equazione $E=mc^2$ che, come ben si sa, è questione molto concreta.

Tutta la tematica diventa ancora più interessante se si accoppia alla teoria della relatività, una concezione che vede la luce come materia, come composta da "quanti" di materia discreta (chiamati fotoni). Ripercorrere il libro di Carlo Rovelli, *La realtà non è come appare*⁴ è entusiasmante a questo proposito; Rovelli, fisico teorico, intende creare dei ponti solidi tra la teoria della relatività e la meccanica quantistica. Inizia con un capitolo dal titolo "Grani", che traccia con grande sicurezza la presenza del pensiero atomistico nell'antichità, un pensiero in cui spazio e natura formano un tutto pieno che è costruito da atomi (è il pensiero che da Democrito⁵ arriva poeticamente a Lucrezio e che si esplica scientificamente sino ad Einstein che calcola addirittura

The theory outlined in this contribution is not just abstract speculation, because IT allows us to create very real bridges between the world of electromagnetism – i.e., the invisible – and the physically inhabitable and visible world. At the end of the paper, this is the question the reader is asked to answer: given that we can now build an architecture with new characteristics, are not representation and design historically obliged to represent and design a new 'extended' dimension of reality based on a very different concept of space?

Invisible forces

Although we can't see the wind, it still exists. Its strength, direction and speed require the adoption of specific solutions when designing buildings. For example, some skyscrapers are cable-stayed to the ground or have structural triangles along their vertical; others have a helicoidal shape so that the wind doesn't impact the building. On the other hand, the world of construction has a lot to do with an absolutely invisible force: gravity. Invisible energy waves flow around the globe, from the atmosphere to the subsoil. For thousands of years some cultures, especially in the East, believed that these forces should be considered during construction, an idea also present in pre-Christian cultures in the Mediterranean. For example, the Etruscans developed a 'science' to interpret these forces, perhaps by reading the tides, lunar phases or flights of birds. They then made tangible practical choices based on this information (where to build cities, necropolises or temples). Ostensibly, nothing new under the sun: the invisible is part of our practical architectural choices even if we very seldom speak about these issues. The successful book The Hidden Dimension¹ even examines the space of sound, smell and many other spaces in order to determine a reliable and useful approach that the author calls proxemic.

Careful, however, because in this article we will undertake a quantum leap. In 2015 we have to represent the invisible based on the fast and furious scientific progress made after electricity was invented. Three thousand years after the Etruscan civilisation not only can we interpret invisible forces, but we can even

2/ *Pagina successiva*. Tempio di Vesta, Tivoli. Costruito nella sua forma attuale nel II secolo a.C., ma luogo primigenio di comprensione del mondo e di osservazione del cielo.

Next page. *The Temple of Vesta, Tivoli. Built as we see it today in the second century B.C., but one of the first places used to understand the world and observe the heavens.*

3/ *Pagina successiva*. Santa Sofia, Istanbul. Le impalcature dividono esattamente a metà lo spazio e sembrano indicare da una parte una idea di spazio come vuoto e dall'altro uno spazio come pieno attivabile come fosse una matrice.

Next page. *Hagia Sophia, Istanbul. The scaffolding divides its inner space accurately in two; ostensibly it indicates, on the one hand, an idea of space as empty space and, on the other, a solid space that can be activated as if it were a matrix.*

4/ *Pagina successiva*. Marcos Novak, Installazione Invisible Architectures, Biennale di Venezia 2000.

Next page. *Marcos Novak, Invisible Architectures Installation, Venice Biennale 2000.*

5/ *Pagina successiva*. Frontespizio di Marc-Antoine Laugier, *Essai sur l'Architecture* 1755, disegno di Charles Eisen.

Next page. *Front Cover by Marc-Antoine Laugier, Essai sur l'Architecture, 1755. Drawing by Charles Eisen.*

create them ourselves. We can make these invisible forces interact with real architecture because we live in the age of the IT Revolution. However, to get a better understanding we have to appreciate that no objective space exists once and for all, and that spatial conceptions change with changes in the progress achieved by mankind.

Different spatial conceptions

Isaac Newton formulated two assumptions inscribing the entire development of so-called classical spatial conception. The first recites: "Immobile space exists"; and "Absolute time exists based on simultaneity".² Architects have placed their objects 'in' this space and in this absolute time and have so far represented and built this absolute space. While many will go on doing it for decades, a few will challenge the assumption of this idea of spatial absolute. Newton's idea is so rooted in our minds that we think it is 'true' and 'objective'. It is the world of Cartesian coordinates, the space of Monge's rules, and the certain presence of the object. But if we go back in time we immediately realise that Newton sparked a real revolution, because prior to his assumption the conception of space was completely different. Many others existed even before that, and if we look to periods after Newton we find still more and different conceptions.

But let me be clear, classical physics or its spatial conception is not 'wrong', on the contrary, it is accurate and very useful in a great many events and dimensions, however some phenomena do not work at all in this theory. Back in 1905 a truly awkward, revolutionary person, not part of the academic world, demonstrated in a series of articles that we can go much, much, much further than Newton and his ideas.

Quanta and relativity

Light is the most obvious element to study using several categories rather than classical physics. Only in the twentieth century did we realise that light is part of a broad wavelength of radiations, the electromagnetic spectrum,³ extending from before to after light; it includes, for example, laser rays, ultraviolet rays, radio

tura la dimensione di questi grani o atomi). Il libro procede con il capitolo "I classici" (Galileo, Newton, etc.) e giunge al suo centro con il capitolo su Einstein e a quello successivo sulla Meccanica quantistica. Ecco la sintesi dell'autore. «Vi è uno spaziotempo, curvo [nato con il big bang 14 miliardi di anni fa]. È un oggetto reale, un campo fisico, con la sua dinamica descritta dalle equazioni di Einstein. Lo spazio si piega e si incurva sotto il peso della materia [e la materia] è fatta di campi quantistici, che si manifestano sotto forma di particelle, come elettroni o fotoni, oppure di onde, come le onde elettromagnetiche [...]. Questi campi quantistici descrivono gli atomi, la luce e tutto il contenuto dell'Universo [...] ciascuna delle particelle di cui sono composti appare solo quando interagisce con qualcosa'altro, localizzandosi in un punto, mentre quando è lasciata sola, si apre in una "nuvola di probabilità". Il mondo è un pullulare di eventi quantistici elementari, immersi nel mare di un grande spazio dinamico che si agita come le onde di un mare d'acqua»⁶. Di conseguenza «Non c'è più il tempo "lungo il quale" avvengono gli eventi. Ci sono processi elementari in cui quanti di spazio e materia interagiscono tra loro in continuazione» e «Il mondo non è quindi solo una rete di atomi che si scontrano è anche una rete di correlazioni tra insieme di atomi, una rete di reciproca informazione fra sistemi fisici»⁷.

Conseguenza in architettura

Che c'entra tutto questo con l'architettura, si potrebbe chiedere il lettore? Partiamo da un fatto molto pragmatico: lo sviluppo scientifico e tecnologico di oggi crea un ponte *molto reale* tra onde elettromagnetiche e fatti fisici concreti.

Se noi spingiamo un pulsante via onde elettromagnetiche si apre un cancello, giusto? Ma questo è solo un esempio banale. Le potenzialità tecnologiche di oggi consentono di avere uno spazio *pieno di informazioni*, alcune visibili, altre invisibili che possono interagire interattivamente via algoritmica. Non esiste solo il rapporto lineare (*input-output*) che apre il cancello, ma un rapporto interconnesso che calcola gli *input* entro specifici modelli per produrre *output* di secondo o terzo o quarto li-

vello di complessità. In poche parole, le informazioni lette dall'ambiente (o acquisite via *Open Data*) sono trasformate algebricamente (per esempio il calore può essere trasformato in forza e comandare aperture che a loro volta diminuiscono la luce elettrica e tutte queste relazioni sono insieme in un modello che le interrela linearmente ma anche algebricamente, cioè con relazioni più complesse, il flusso delle informazioni) e possono modificare fisicamente l'architettura in tempo reale. Ad esempio? La ditta italiana Biokavitus⁸ ha avuto un'idea geniale: usare il rumore che ha il segnale televisivo satellitare in presenza di perturbazioni meteorologiche. Questi disturbi del segnale (localizzati con economiche scatolette sulle parabole che triangolano l'epicentro della perturbazione nelle nuvole e non un costoso radar) possono permettere di localizzare (con un grado anche di solo poche decine di metri di errore), l'arrivo di forti bombe d'acque a terra. Quindi, banalmente, potrebbero in automatico chiudere tutte le tapparelle di casa, oppure attivare sistemi di protezioni civile, aperture o chiusure di dighe, dare avvisi alla popolazione, via media o anche ai singoli individui con una app specifica. Questo è un caso, ma ve ne sono moltissimi, in cui un segnale invisibile si trasforma in fatti molto concreti.

Questo mondo "denso" di informazioni inoltre può viaggiare concretamente sin dentro la materia tramite le nano tecnologie. Oggi si possono variare non solo le componenti dell'architettura (infissi, pannelli, etc.) ma anche alcune strutture intime della materia (il caso più noto sono i vetri di nuova concezione che cambiano colore e consentono o meno ai raggi esterni di penetrare al variare delle situazioni, ma ormai esistono cementi con analoghe caratteristiche). E questo quadro non è solo locale. Internet e le telecomunicazioni consentono di legare su tutto il globo questi fenomeni e ancora più livelli e dimensioni si ottengono intrecciando questi aspetti con gli aspetti naturali ed ecologici della sostenibilità.

In poche righe quindi spero di avere descritto il campo "operativo" in cui questa concezione teorica di spazio come informazione si esplica, e perché è necessario sviluppare un modo di rappresentare questi campi invisibili.



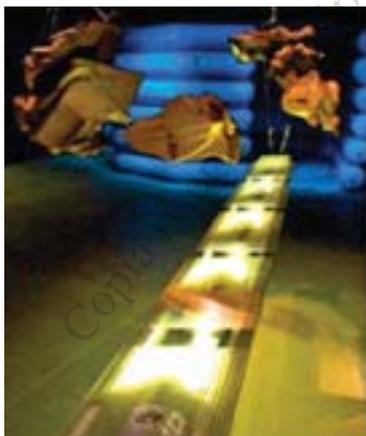
6/ Eremo di Monte Siepi, La cupola San Galgano Chiusdino Siena. La cupola a volta emisferica è realizzata ad anelli concentrici di probabile memoria astrale, associabile alle tombe a pianta circolare etrusca dette tholos.

The Monte Siepi hermitage, the San Galgano Dome, Chiusdino, Siena. The hemispherical dome with its concentric rings probably reflecting the stars can be linked to the round tombs (tholos) built by the Etruscans.



signals, television signals, wifi wavelengths or Bluetooth, all mostly invisible. Light travels at a very high speed in time and space – 300,000 km/sec – and this very high speed, as Albert Einstein proved, determines a series of important and certain effects: space and time are not at all as absolute as Newton maintained (and we are used to thinking because it's been drummed into us since childhood), but instead they depend on the observer, or rather, on the reference system used by the observer. As a result, certain concepts such as simultaneity are no longer valid and even gravity can be explained differently, because instead of being an abstract and imprecise force it is considered as the creation of a field deformable by mass. This is the origin of the space-time conception and the very famous equation $E=mc^2$ which, as we all know, is a very real issue.

*The whole argument becomes even more interesting if we couple the theory of relativity with a conception that considers light as matter, i.e., made of 'quanta' of discrete matter (called photons). The book by Carlo Rovelli, *La realtà non è come appare*,⁴ provides exciting food for thought. Rovelli, a theoretical physicist, wanted to create solid bridges between the theory of relativity and quantum mechanics. He begins with a chapter entitled 'Grains' confidently illustrating the presence of atomism in antiquity, a philosophy in which space and nature create a solid whole made of atoms (this is the philosophy that since Democritus⁵ passes poetically to Lucretius and is scientifically proven until Einstein comes along and calculates the dimension of these*



grains or atoms). Then comes the chapter entitled 'The Classics' (Galileo, Newton, etc.). The author gets to the crux of the matter in the chapter about Einstein and the next chapter about quantum mechanics. "There is a space-time, curved [born with the big bang 14 billion years ago]. It is a real object, a physical field, with the dynamics described by Einstein's equations. Space bends and curves under the weight of matter [and matter] is made of quantum fields manifest in the form of particles, like electrons or photons, or waves, like electromagnetic waves [...]. These quantum fields describe the atoms, the light and all the contents of the Universe [...] each particle they are made of appears only when it interacts with something else, in a point, while when it is left alone, it creates a 'cloud of probabilities'. The world is teeming with elementary quantum events immersed in the sea of a big dynamic space moving like the waves of a sea of water".⁶ As a result, "The time 'during which' events take place no longer exists. There are elementary processes in which quanta of space and matter interact continuously", and "therefore the world is not only a network of colliding atoms, but also a network of correlations between sets of atoms, a network of reciprocal information between physical systems".⁷

The effects in architecture

A reader could ask: what's all this to do with architecture? So let's start with a very pragmatic fact: current scientific and technological research creates a very real bridge between electromagnetic waves and tangible physical facts.

If we push a button activating electromagnetic waves we can open a gate, right? But this is just an easy example. The potential of today's technology allows us to live in a space full of information, some visible, others invisible, that can interactively interact via algorithms. It's not just a linear relationship (input-output) that opens a gate, but an interconnected relationship calculating the inputs within specific models to produce outputs of second, third or fourth degree complexity. In short, environmental data (or data acquired thanks to Open Data) are algorithmically transformed (e.g., heat can be

Ma come architetti a queste ragioni forse dobbiamo anche aggiungere una idea più intrinsecamente sintetica, diciamo più poetica, perché per attivare questi processi dobbiamo ripensare all'architettura con tutt'altre coordinate.

Una diversa scena nativa

Dobbiamo eseguire l'esercizio teorico che ci ha insegnato l'abate Marc Antoine Laugier nel 1747. Dobbiamo anche noi nuovamente pensare, duecentocinquanta anni dopo, a una scena nativa dell'architettura. Una scena nativa del 2015 che abbia la capacità di muoversi sino alle conseguenze di quanto abbiamo prima descritto. L'architettura nasce, per Laugier, come riparo e come razionale fatto costruttivo, l'architettura rifiuta le regole stilistiche e accademiche, rifiuta gli stili e lo storicismo. La signora architettura, seduta sulle rovine degli stili del passato, mostra al putto architetto le semplici regole da cui ripartire.

Maggiormente rifletto sulla più efficace scena nativa dell'architettura per noi, oggi, più mi convinco che la chiave più ricca di conseguenze non sia certo quella della capanna di Laugier (perfettamente adeguata allo sviluppo che ebbe l'architettura dall'Illuminismo al Funzionalismo), ma sia invece quella del menhir.

Immaginiamo il momento in cui un uomo antico ha sollevato un picchetto verso il cielo per traguardare l'unica stella che non si muove. Quel picchetto estraeva dal caos dell'universo, dalle migliaia di stelle e punti senza senso, un punto, un solo punto! Quel punto, quel solo unico punto, aveva "improvvisamente" assunto un significato, era contenitore di un "bit" di informazione, trasformava il dato (il *datum*, la pura esistenza della stella), in informazione. Quel picchetto verso il cielo che traguardava un punto estratto del caos, quel picchetto rappresenta la nascita dell'architettura⁹. E dal quel picchetto nasce un menhir e poi un anello di menhir, un dolmen, e poi si erige un tempio ligneo, e da questo uno in pietra che si trasforma in chiesa o santuario. Lo immagino con questi occhi il Tempio di Vesta a Tivoli. La nascita dell'architettura è nella ricerca di significato, nella capacità di far diventare progressivamente informazione il caos dell'universo¹⁰.

Information Technology

Adesso facciamo un salto, e passiamo ai tempi nostri. Come detto, noi abbiamo esperienza diretta della forza di gravità perché essa agisce sui materiali fisici. Ma esiste qualche ordine di dubbio che i materiali di oggi non siano soltanto i materiali da costruzione tradizionali, ma che la materia prima di questa fase dell'architettura sia l'informazione. Questa tesi fu pubblicata su *Op. Cit.* nel 2003, rimbalzata in Internet, pubblicata in un intero capitolo in italiano e inglese¹¹.

La base della tesi è che noi oggi siamo in grado di agire architettonicamente e spazialmente in un campo non solo dato da materiali fisici (i mattoni) ma, appunto, che ha una serie di materiali e di onde elettromagnetiche che costituiscono un campo "agibile" azionabile e, anche se non visibile, ha rilevanti influenze fisiche nell'architettura.

Ormai le installazioni nel campo dell'arte e dell'architettura attorno a questa idea sono molteplici. Cito spesso quella di Marcos Novak sulle "Architetture Invisibili" alla Biennale del 2000¹² perché in architettura a mio avviso è stato il primo che ha mostrato con chiarezza il concetto di rendere visibile uno spazio invisibile. Si tratta di uno spazio invisibile, ma certo esistente perché esso è creato da un campo di onde elettromagnetiche. Questo campo viene agito dal corpo i cui movimenti sono letti con sensori. I movimenti producono via algoritmica non solo eventi (luminosi, sonori) ma anche oggetti, ricadendo così nella sfera del visibile. Ormai esistono progetti di architettura, da Toyo Ito a Diller+Scofidio (il loro lavoro *Blur* del 2002, che trasforma umidità e vento in una nuvola sempre cangiante che rende sempre diverso l'edificio, è uno dei punti esteticamente più interessanti di questa idea) che danno forma a queste idee. Esistono anche innumerevoli sperimentazioni tanto alla dimensione estetica dell'installazione che a quella della città e delle cosiddette Smart City. Personalmente ho sempre ammirato il lavoro di Eduardo Kac, artista di origine brasiliana; Kac usa la rete Internet anche per veicolare forme, flussi e interrelazioni a distanza attivando anelli che coinvolgono l'animale, il vegetale e l'umano in cicli di grande in-

7/ Diller+Scofidio, *Blur, Yverdon Le Bains Swiss Expo 2002*. Struttura granulare dello spazio. «A piccolissima scala lo spazio non è continuo: è tessuto da elementi finiti interconnessi» (Rovelli 2014, p. 151).

Diller+Scofidio, Blur, Yverdon Le Bains Swiss Expo 2002. Granular structure of space. On a very small scale space is not continuous, it is made up of finite interconnected elements” (Rovelli 2014, p. 151).

8/ Toyo Ito, *La torre dei venti, Yokohama 1986*. Una delle prime opere che ragiona sui temi del visibile e dell'invisibile

in questo caso trasformando in via algoritmica alcuni informazioni dell'ambiente circostante (intensità del vento umidità inquinamento) e rendendole visibili con la trasformazione luminosa degli anelli delle superfici della torre e udibili attraverso composizioni musicale redatte al variare di queste informazioni.

Toyo Ito, The Tower of Winds, Yokohama 1986. One of the first works involving the topic of the visible and invisible in this case algorithmically transforming some of the information provided by the surroundings (force of the wind, humidity and

pollution) and making it visible by modifying the light of the rings on the surfaces of the tower and making them audible thanks to musical compositions created by variations in this information.

9/ Eduardo Kac, *Genesis, Museum of Fine Arts Montreal 2007*.

Eduardo Kac, Genesis, Museum of Fine Arts Montreal 2007.



turned into power and command openings which in turn dim electrical light; all these relationships exist in a model interrelating them linearly, but also algorithmically, i.e., with more complex relationships, the flow of data. This algorithmically transformed data can also physically modify architecture in real time. An example? The Italian company Biokavitus⁸ had a brilliant idea: exploit the noise produced by a satellite TV signal during storms or bad weather. These signal disturbances can be located not with an expensive radar but with cheap little boxes on the parabolas that triangulate the epicentre of the storm in the clouds. They can locate the arrival of violent 'water bombs' on the ground within a few metres of where they will fall. Using a cliché, they could automatically close all the shutters, activate civil protection systems, open or close dams, alert either the population (via the media) or even single individuals (using a specific app). This is just an example, but there are many more examples that can demonstrate how an invisible signal produces very concrete events.

This 'dense' world of data can in practice even travel inside matter thanks to nanotechnology. Today we can not only vary architectural components (window and door fixtures, panels, etc.), but also specific intimate structures of matter (the most famous are the new concept windows that change colour and allow more or less sun to penetrate in certain situations, but even concrete now has similar characteristics). And this is not just a local situation. Internet and telecommunications allow us to link these phenomena all over the globe; in addition, more levels and dimensions can be obtained by merging these features with the natural and ecological features of sustainability. In a few short lines I hope I have described the 'operative' field in which this theoretical concept of information space is used and why we need to develop a way to represent these invisible fields.

However as architects we perhaps need to add a much more intrinsically concise perhaps more poetic idea to the above reasons, because to activate these processes we have to rethink architecture using a whole new set of coordinates.

A different native scene

We need to perform the theoretical exercise we were taught by Abbot Marc Antoine Laugier in 1747. Two hundred and fifty years later, we also have to rethink a native architectural scene. A native scene in 2015 has to be able to move towards the effects I described above. Laugier believed that architecture began as a shelter and rational construction and rejects stylistic and academic rules as well as styles and historicisms. Lady Architecture seated on the ruins of the styles of the past shows the putto/architect the simple rules he needs to set off again.

The more I reflect on what is the most efficient native architectural scene for us today, the more I'm convinced that the most effective is the menhir and not Laugier's hut (perfectly suited to the development of architecture from the Enlightenment to Functionalism).

Let's imagine the moment when ancient man raised a stake towards the heavens to sight the only star that doesn't move. That stake picked a point, just one point, from the chaos of the universe, from the thousands of stars and meaningless points! That point, that one single point, was 'suddenly' meaningful; it contained a 'bit' of information; it turned the datum (the pure existence of a star) into information. The stake pointing skywards that located one point in all that chaos, that stake represents the birth of architecture.⁹ And from that stake a menhir is born, and then a circle of menhirs, a dolmen, and then man built a linear temple, and from the latter a stone temple that became a church or sanctuary. This is how I see the Temple of Vesta in Tivoli. The birth of architecture lies in the search for meaning, in the ability to gradually turn the chaos of the universe into information.¹⁰

Information Technology

Now let's leap forward to the present day. As I mentioned earlier we have direct knowledge of the force of gravity because it acts on physical materials. But some creeping doubts exist that current materials are not only traditional building materials, but that the raw material of contemporary architecture is information. This thesis was published in Op.Cit in 2003; it found its way to the web and a complete

teresse. Una sua installazione "Essay Concerning Human Understanding"¹³ prevede il canto di un uccello, che stimola la produzione di endorfina in una pianta a migliaia di chilometri di distanza ma cui il canto arriva via Internet. La pianta aumenta l'emissione di ossigeno in rapporto al canto dell'uccello e le sue variazioni vengono di nuovo lette con sensori e producono nuova musica sintonizzata in loco. D'altronde molti fronti di ricerca si stanno aprendo per cercare di interrelare sempre più la sfera ambientale a quella dello spazio dell'informazione, per aprire sempre più un ciclo che pensi all'edificio come a un essere vivente.

Alla fine del 2014, il MAXXI di Roma ha ospitato un importante lavoro di Philippe Rahm che è ascrivibile al tema dello spazio invisibile, in questo caso attivizzato attraverso un processo di atomizzazione della Musica. Rahm ragiona sugli elementi particolari, sugli atomi, sulle molecole, sugli elettroni, per trovarne una loro diversa forma. In questa occasione prende un brano musicale di Debussy e lo atomizza: invece di pensarlo come fatto continuo lungo la barra del tempo, lo divide in atomi elementari. Queste note atomizzate riempiono lo spazio della sala in associazione a effetti luminosi e fanno immergere lo spettatore in una dimensione non solo percettiva, ma cognitiva.

Per concludere vorrei tornare al rapporto tra la scienza e il concetto di spazio dell'informazione attraverso un tentativo di esemplificazione.

L'idea che emerge con insistenza¹⁴ è che il mondo così come lo spazio è composto da elementi discreti. Si arriva a un livello in cui non si può più dividere: questo è il mondo dei quanti, dei pacchetti minimali non più divisibili. Questi quanti sono organizzati in uno spazio-tempo in cui alla fin fine si scopre che non esiste né lo spazio né il tempo, entrambi assorbiti in una sorta di danza, in una sorta di increspatura di onde di cui i quanti sono le particelle elementari. Spazio e tempo attraverso questa impostazione appaiono costrutti "ad una certa scala della visione". Lo spazio in questa concezione è una sorta di elemento "granulare", in cui i quanti sono tra loro interrelati appunto attraverso il concetto di informazione.

Da questo discende una domanda interessante. Ma si può esemplificare uno spazio che abbia a che vedere con questa idea? Ebbene, ecco un esempio che ben calza. Lo spazio di Internet è esattamente fatto sulle stesse categorie sopra descritte. Innanzitutto è costituito da entità oltre le quali non si può andare. Si tratta dei quanti di informazione (in informatica tutto è informazione, d'altronde). Inoltre, come ben si sa, i quanti elementari di informazione sono interconnessi e appunto, in un certo senso, si muovono tutti insieme in questa sorta di mare increspato. Infine... questo spazio è finito o infinito? Ebbene, è la stessa concezione della teoria dei quanti che rifiuta l'idea di spazio infinito. Se noi ragioniamo sullo spazio di Internet esso, in questo esatto istante, è finito (e come potrebbe non esserlo?), ma all'istante successivo è già più grande (aumentando costantemente l'informazione); un'altra analogia tra la spazialità di Internet e quella quantica.

Ma attenzione, scopo di questo contributo non è relegare questi concetti a Internet o ad altri puri spazi dell'informazione o virtuali. Lo scopo è esattamente l'opposto: si tratta di utilizzare il concetto di spazio dell'informazione *all'interno dell'architettura*, dimostrando che tra visibile e invisibile vi sono reti di connessione che possono permettere ricadute decisive nello spazio *concreto, abitabile e, anche, espressivamente manipolabile dell'architettura*.

Nuove domande

Tutto il percorso compiuto non vuole essere una risposta, ma un invito alla ricerca, ed ecco dunque due domande in conclusione. Innanzitutto: «Come facciamo a rappresentare questo spazio, questo campo elettromagnetico che è la materia prima della architettura di questa fase?». E la seconda domanda è «Come lo agisco, come lo progetto questo nuovo spazio? Quali sono le categorie per costruirlo?».

Una traccia? Per la prima domanda forse la parola chiave utile è sempre la stessa: proiezione. Per esempio, tornando a Marcos Novak nella sua installazione sullo spazio invisibile, egli trascrive in media diversi lo spazio invisibile. L'installazione si basa sulla creazione di una porzione di spazio completamente di-

10/ Diller+Scofidio, Blur, Yverdon Le Bains Swiss Expo 2002.

Diller+Scofidio, Blur, Yverdon Le Bains Swiss Expo 2002.

11/ Philippe Rahm, Sublimated music, MAXXI Roma 2014.

Philippe Rahm, Sublimated music, MAXXI Rome 2014.

versa da quella circostante e appunto invisibile eppure, allo stesso tempo, esistente. Quando le mani del visitatore penetrano la porzione di spazio descritta dai sensori, i movimenti della mano sono trascritti in diversi media.

Innanzitutto i movimenti della dita guidano attraverso specifici algoritmi una composizione musicale. Le mani che si muovono nello spazio “letteralmente” suonano uno strumento. Lo spazio invisibile dunque esiste, innanzitutto

English and Italian version has been published.¹¹

This thesis is based on the fact that we are now able to architecturally and spatially act in a field not only of physical materials (bricks), but also of several materials and electromagnetic waves that create an actionable ‘usable’ field which, even if invisible, has an important physical fallout in architecture.

Many art and architectural installations are based on this idea. I often cite the ‘Invisible Architecture’ installation designed by Marcos Novak for the Venice Biennale in 2000¹² because I believe he was the first to use architecture to clearly demonstrate the concept of making an invisible space visible. It was an invisible space that did indeed exist because it was created by a field of electromagnetic waves. This field was acted on by the body and its movement were read by sensors. The movements algorithmically produce not only (luminous, sonorous) events, but also objects that thus fall into the realm of the visible. Many architectural designs, from those by Toyo Ito to the ones by Diller+Scofidio, actually embody these ideas. For example, one of the aesthetically more interesting points of this idea is the installation Blur (2002) that turns moisture and wind into an iridescent cloud so that the building changes all the time. Numerous other experiments have also been performed regarding the aesthetic dimension of an installation, a city, and also a Smart City. I’ve always admired the works by the Brazilian artist Eduardo Kac. He uses the Internet to remotely convey forms, flows and interrelationships, activating links involving the animal, vegetal and human world in extremely interesting cycles. One of his installations, ‘Essay Concerning Human Understanding’,¹³ involves a bird singing; the song stimulates the production of endorphins in a plant thousands of kilometres away because it can hear the bird’s song thanks to the internet. The plant emits more oxygen thanks to the bird’s song; its variations are again recorded using sensors and produce new music syntonised on the spot. In fact many research avenues are opening up to try and increasingly interrelate the environment with



information space in order to create a cycle that thinks of a building as a living being. In late 2014 the MAXXI in Rome hosted an important work on invisible space by Philippe Rahm; in this case invisible space was activated thanks to a process of atomisation of Music. Rahm focuses on specific elements, atoms, molecules and electrons to find another form for them. On this occasion he atomised a piece of music by Debussy: instead of thinking of it as a continuous fact along the bar of time, he divided it into elementary atoms. These atomised notes fill the space of the room and are coupled with light effects, plunging the spectator into a perceptive and cognitive dimension.

To conclude I'd like to return to the relationship between science and the concept of information space by trying to provide an example.

The idea that relentlessly emerges¹⁴ is that the world and space are made up of discrete elements. There's a level that can no longer be divided: this is the world of quanta, minimal indivisible packages. These quanta are organised in a space-time in which we ultimately discover that neither space nor time exists, both absorbed in a sort of dance, in a sort of ripple of waves in which the quanta are the elementary particles. Based on this idea, space and time appear to be built 'at a certain scale of vision'. In this conception, space is a sort of 'granular' element in which the quanta are interrelated through the concept of information.

This prompts us to ask an interesting question. Is it possible to exemplify a space associated with this idea? Well here is a perfect example. Internet space is made up of the same categories described above. First and foremost it is made of entities beyond which we cannot go. In other words, quanta of information (after all, in computer science everything is information). Moreover, as we all know, elementary quanta of information are interconnected and in a certain sense move all together in this sort of choppy sea. Finally... is this space finite or infinite? Well, it's the same concept as the theory of the quanta that rejects the idea of infinite space. If we think about the space of Internet it is, at this very moment, finite (how

zitutto dal punto di vista sonoro e viene rappresentato musicalmente. Inoltre gli stessi movimenti della mano sono trasformati, sempre algebricamente, in volumi che diventano visibili in tempo reale su uno schermo assistente. Il visitatore, così penetrando lo spazio apparentemente invisibile, in realtà a sua volta crea e visualizza forme tridimensionali. Alcune di queste forme risultano inoltre effettivamente costruite (basta mandare le informazioni a un 3D printer) e sono appese sopra l'area descritta dai sensori. In questo caso lo spazio invisibile, quello descritto dai sensori, viene trascritto in tre media o potremmo forse dire, appunto, "proiettato". Come se lo strumento cardine della proiezione si amplificasse verso nuove dimensioni e possibilità.

Gli algoritmi che descrivono i flussi e che li mappano (quelli dinamici delle forze nelle strutture, quelli del suono o dei sistemi idrogeografici e molti altri come il numero presenze e localizzazioni di connessioni mobili) possono essere la base di altre modalità di rappresentazione che descrivano campi spaziali invisibili. Di queste sperimentazioni ve ne è un grande numero negli ultimi anni, anche se raramente vanno oltre la mera affascinante visualizzazione.

Naturalmente questa idea nel campo della rappresentazione non è nuova; basti pensare, per fare un esempio, ad alcune sperimentazioni di Luigi Moretti, sin dagli anni Cinquanta del Novecento, e successivamente di Paolo Portoghesi. Ma mentre in quel caso si trattava del riverberare fatti fisici nell'ambiente circostante, noi pensiamo alla presenza di campi elettrici e informatici che possono essere manipolati tecnologicamente attraverso il grande settore dei sensori.

Per pensare alla costruzione reale di una architettura di nuova generazione, credo che il dato fondamentale in definitiva non sia affatto la divisione tra reale e virtuale, del tutto sfocata in questo contesto, ma il fatto che operiamo in uno spazio tutto denso, tutto presente, in cui alcuni elementi sono visibili e altri invisibili e che noi possiamo attivare questo spazio creando continui ponti, continui circuiti, forse continui... anelli: anelli tra quello che vediamo e quello che non vediamo, ma che si esplica sempre in fatti concreti, in una

architettura capace di trarre tesoro da queste nuove potenzialità, perché ha coscienza del cambiamento che il progresso tecnologico e scientifico le impone.

Riflettendo sull'idea di spazio a cui questa concezione tende, forse l'esempio di uno spazio schiumoso¹⁵ è quello che più permette di muoverci contemporaneamente in una idea tanto di rappresentazione che di attuazione.

Per inquadrare la questione pensiamo allo "stato" dell'informazione quasi come fosse acqua. Anche le informazioni, ovviamente, hanno uno stato gassoso. Tutti conoscono e usano la parola *cloud* (nuvola) e sono abituati all'idea che molte cose che ci riguardano stanno lì, nel *cloud*. È anche esperienza comune che queste informazioni si possono solidificare, diventare cose reali. Per esempio possiamo prendere dalla nuvola un pdf e trasformarlo in un libro vero e proprio, o trasformare le informazioni di un modello tridimensionale con un 3D printer in un plastico o intagliare un travertino per farne un pannello. Ma esiste anche uno stato intermedio tra il gassoso e il solido dell'informazione, che possiamo pensare come schiumoso. Si tratta di informazioni già strutturate in modelli a cui sono legati fatti fisici come materiali, componenti, sistemi: sono quindi modelli quasi pronti ad attuarsi rapidamente modificando spazi, situazioni, strutture. Questa schiuma di informazioni avvolge lo spazio della città e le nuove generazioni di edifici in cui sempre più vivremo. Affinare sempre più modalità di rappresentare questi campi in uno sforzo che vede simultaneamente agire i molti saperi dell'architettura è, credo, indispensabile.

1. Hall 1969.

2. «Il tempo assoluto, vero, matematico, in sé e per sé e per sua natura senza relazione ad alcunché di esterno, scorre uniformemente» e anche «lo spazio assoluto, per sua natura senza relazioni ad alcunché di esterno, rimane sempre uguale e immobile». Sono due citazioni da *I Principia* di Newton pubblicato nel 1687 (Isaacson 2008, p. 124). Albert Einstein nel 1905 postula al contrario che non esiste un tempo assoluto, perché la percezione del tempo dipende dallo stato del proprio sistema di riferimento pervenendo «al seguente importante

risultato: gli eventi che sono simultanei rispetto alla banchina non sono simultanei rispetto al treno» (ivi, p. 123). Vale la pena sottolineare il metodo di Einstein per pervenire ai suoi strabilianti risultati, un metodo tutto basato sulla deduzione. Ecco cosa ne scrive «I progressi veramente grandi nella nostra comprensione della natura si sono determinati in un modo quasi diametralmente opposto all'induzione. La conoscenza intuitiva degli elementi essenziali di un vasto complesso di fatti porta lo scienziato a postulare in via ipotetica una o più leggi fondamentali. Da queste leggi, egli deduce le sue conclusioni» (Einstein 1919, *Induzione e deduzione in fisica*, cit. in Isaacson 2008, p. 117).

3. Determinata precisamente la quantità dall'astronomo Clabon Allen.

4. Rovelli 2014.

5. «Gli atomi sono indivisibili, sono i grani elementari della realtà, che non possono essere ulteriormente suddivisi e di cui tutto è costituito. Si muovono liberi nello spazio, si scontrano l'uno con l'altro, si agganciano, si spingono, si tirano l'un l'altro atomi simili si attirano e si aggregano»; (ivi, p. 22).

6. Ivi, p. 127.

7. Ivi, pp. 159, 211.

8. <<http://www.biokavitus.com/it>> [maggio 2015]. Ho appreso di questa tecnologia nel Podcast "Smart City - Voci e luoghi dell'innovazione" a cura di Maurizio Melis di Radio 24, puntata del 4/11/2014.

9. In l'architettura il picchetto o il menhir, traguadando una stella del cielo, ci fornisce una informazione. Da questa informazione si accumula una conoscenza (è la stella polare, ci indica il nord e molte altre che ne conseguono).

10. Va da sé che questi luoghi di accumulo delle informazioni si trovano spesso su alture e promontori, che sono luoghi addensanti di potenziali informazioni dai tempi dei tempi. Per avere la prova dell'efficacia di questa interpretazione della scena nativa dell'architettura basata sul concetto di informazione e non di riparo basti pensare al Pantheon. Il Pantheon è l'anti riparo per eccellenza (ci piove dentro), mentre il suo evidente porsi come macchina simbolica e astronomica, "informativa" è evidente sin dal primo sguardo. Su questi temi vorrei citare tre libri, che certo si muovono su assunti ben diversi da quelli che io ho esposto, ma che possono servire a una prima delimitazione del campo. Il primo è di Adrian Snodgrass (Snodgrass 2004); il secondo è di Christian Norberg-Schulz (Norberg-Schulz 1975); il terzo è di Lorenzo Giacomini. *Cosmo e abisso. Pensiero mitico e filosofia del luogo*. Milano: Guerini Scientifica, 2004. Infine vorrei ricordare che l'esercizio della ricreazione del-

la "scena nativa" per proiettarsi al futuro a me deriva da un lontanissimo seminario di Franco Purini che, appunto, partiva dal frontespizio del libro *Essai sur l'architecture* (Parigi 1753) ma che ha anche nella cultura in generale diversi casi. Il più noto dei quali è il film *Odissea dello spazio* di Stanley Kubrick che, per lanciarsi in quello che nel 1969 sembrava un futuro remoto e fantascientifico, sentì il bisogno di un lungo preludio al film, quasi venti minuti, per creare la scena nativa del genere umano. E anche Kubrick si muove nell'idea di un elemento di razionalità capace di rendere intelligibile il mondo e innestare il processo di strumentalità che porta alla conquista dello spazio.

11. Antonino Saggio, *Informazione Materia prima dell'Architettura*. *Op. Cit.*, 118, settembre 2003; vedi anche Saggio 2007. Un testo che ha affrontato alcuni di questi aspetti nell'ambito della rappresentazione è quello di Riccardo Migliari. *Il disegno come Modello*. Roma: Kappa, 2004. In particolare il tema qui affrontato nel rapporto con lo spazio invisibile ha per esempio un riferimento in una idea di Modello Integrato MI, in cui oltre alle informazioni descrittive fisiche siano presenti le informazioni appartenenti alla sfera dei sensori. «Si pensi, ad esempio, alle più avanzate sperimentazioni nel campo delle architetture interattive: in esse lo spazio architettonico reale viene continuamente digitalizzato in alcune delle sue qualità; i dati acquisiti, i modelli m, diventano parte di un modello più ampio MI, trasformandolo; infine, periferiche che generalmente non siamo abituati a considerare tali, riproducono MI modificando, nelle medesime qualità acquisite o in altre qualità, lo spazio reale» (Graziano Mario Valenti, *MI Il modello integrato*, in Riccardo Migliari, *Il disegno come Modello*, cit., p. 62).

12. L'installazione di Marcos Novak, "Invisible Architectures" alla Biennale di Architettura di Venezia del 2000 (cfr. <www.arc1.uniroma1.it/saggio/Filmati/Animazioni/Varie/novak.mov> [maggio 2015] si pone lo stesso problema illustrato in questo articolo. Come rappresento uno spazio "invisibile?". L'installazione si basa sulla creazione di una porzione di spazio completamente diversa da quella circostante e appunto invisibile eppure, allo stesso tempo, esistente.

13. "Essay Concerning Human Understanding" si può studiare anche dal link: <<http://www.ekac.org/essay.html>> [maggio 2015].

14. Cfr. Rovelli 2014.

15. Cfr. Antonino Saggio. *La Schiuma che informa*, *L'Architetto*, gennaio 2015 (solo in formato elettronico www.larchitetto.it). In questo recente articolo si descrive come una predisposizione attiva di sistemi informativi e attuativi della città, in particolare legati a elementi di rischio, possano rappresentare un passaggio tra una rete di informazioni invisibili e modifiche concrete dell'architettura e della città.

could it be otherwise?), but a moment later it's already bigger (constantly increasing information); another analogy between the spatiality of Internet and that of quantics. Wait a minute. This contribution was not written to refer these concepts to the Internet or other pure or virtual information spaces. The goal was exactly the opposite: it involved using the concept of information space in architecture, demonstrating that networks exist between the visible and the invisible, and that these networks have a crucial impact on tangible, inhabitable and even expressively manipulable architectural space.

New questions

So far this article was meant to encourage research, not provide an answer. So here are two more final questions. First of all: "How can we represent this space, this electromagnetic field that is currently the raw material of architecture"? And the second question is: "How can I use it, how can I design this new space? What categories do I need to build it"? A clue? For the first question perhaps the most useful key word is always the same: projection. For example, let's go back to Marcos Novak and his installation on invisible space; he transcribes invisible space in different media. The installation is based on the creation of a portion of space completely different to the space around it and therefore invisible. And yet, at the same time, it exists. When the visitors' hands penetrate the portion of space described by the sensors, the movements of their hands are transcribed in different media. First and foremost the movements of the fingers guide a musical composition through specific algorithms. The hands moving in space 'literally' play an instrument. So invisible space exists primarily from a sonorous point of view and because it is musically represented. Furthermore, the same hand movements are always transformed algorithmically in volumes that become visible in real time on a screen. By penetrating the ostensibly invisible space, the visitor actually creates and visualises three-dimensional forms. Some of these forms can also be materially built (all you need to do is send the data to a 3D printer) and hover

12/ nITro, Tree It, Installazione al Cubo festival, Ronciglione, Viterbo 2013. Chi percorre la rampa attiva il processo di riforestazione per disinquinare i veleni delle fabbriche belliche lungo le falde del lago di Vico. L'architettura rende visibile questa volontà con sensori di prossimità che illuminano i led. Partner in charge D. Pompei, V. Galeone. Foto R. Faralli.

nITro, Tree It, Installation at Cubo Festival, Ronciglione, Viterbo 2013. Walking up the ramp activates the reforestation process to remove the poison deposited by the war industry along the slopes of Lake Vico. The architecture visualises this goal with proximity sensors that light up the led. Partner in charge: D. Pompei, V. Galeone. Photo: R. Faralli.



about above the area described by the sensors. In this case the invisible space described by the sensors is transcribed in three media or, we could say, 'projected'. As if the key tool of projection expands and is amplified towards new dimensions and possibilities.

The algorithms describing and mapping the flows can be the basis for other representation modes describing invisible spatial fields. These flows include the dynamic flows of the forces in the structures, the flows of sound or of hydrogeographical systems and many others, such as the number of presences and localisations of mobile connections. In the last few years many experiments of this kind have been performed, even if they very rarely go beyond mere fascinating visualisation. Naturally this is not a new idea in the field of representation. Just think, for example, of some of the experiments by Luigi Moretti in the 1950s and later on by Paolo Portoghesi. But while they involved reverberating physical facts into the environment, I'm thinking of the presence of electrical and computer fields that can be technologically manipulated by exploiting the immense sector of sensors. Turning our minds to the real construction of

state-of-the-art architecture I believe that ultimately the most important aspect is not the division between what is real and what is virtual (completely blurred in this context), but the fact we are working in a completely dense and present space in which several elements are visible and others invisible. And we think we can activate this space by creating continuous bridges, continuous circuits, perhaps continuous... links: links between what we see and what we don't see (but always involving real facts) in an architecture that learns from this new potential because it acknowledges the changes imposed by technological and scientific progress.

Reflecting on the idea of space inspired by this concept, perhaps the example of a foamy space¹⁵ allows us to move simultaneously in the field of representation and implementation. Let's now think of the 'state' of information, almost as if it were water. Even data obviously has a gaseous state. Everyone knows and uses the word cloud and is used to the idea that many things that relate to us are there, in the cloud. Furthermore, we are all aware that this information can solidify and turn into real

things. For example we can take a pdf from the cloud and turn it into a real book or, using a 3D printer, turn the information of a three-dimensional model into a model, or even cut travertine marble to make a panel. But there's an intermediate state between gaseous and solid data we could imagine as foamy. This data is already structured in models to which physical facts are linked, i.e., materials, components and systems: they are models almost ready to be quickly implemented, modifying spaces, situations and structures. This information foam envelopes the space of the city and new generations of buildings in which we live and will live more and more in the future. I believe it's crucial we increasingly refine the way in which we represent these fields by simultaneously involving multiple fields of architectural knowledge.

1. Hall 1969.

2. "Absolute, true and mathematical time, of itself, and from its own nature flows equably" and "Absolute space, in its own nature, without regard to anything external, remains always similar and immovable. Two citations from Newton's First Principle published in 1687 (Isaacson 2008, p. 124). In 1905 Albert Einstein postulated the contrary: that absolute time does not exist because the perception of time depends on the state of its own reference system: he arrives at the following important conclusion: "Simultaneous events in time in one frame of reference (the train) are not simultaneous with respect to a different frame of reference (the platform)" (ivi, p. 123). It's worth citing the method used by Einstein to come to his phenomenal conclusions, a method based exclusively on deduction. This is what he writes "the really great progress of natural science arose in a way which is almost diametrically opposed to induction. Intuitive comprehension of the essentials about the large complex facts leads the researcher to construct one of several hypothetical fundamental laws. From the fundamental law (system of axioms) the researcher draws as completely as possible its consequences by purely deductive logical method". (Einstein 1919, Induction and deduction in physics, cit. in Isaacson 2008, p. 117).

3. The quantity was accurately established by the astronomer Clabon Allen.

4. Rovelli 2014.

5. "Atoms are indivisible, they are the elementary grains of reality that cannot be further divided and make up

everything that exists. They move freely in space, crash into one another, hook onto each other, push each other and pull each other; similar atoms attract each other and aggregate"; *ivi*, p. 22).

6. *Ivi*, p. 127.

7. *Ivi*, pp. 159, 211.

8. <<http://www.biokavitus.com/it>> [May 2015]. I learnt about this technology during the Podcast 'Smart City - Voci e luoghi dell'innovazione' curated by Maurizio Melis working for Radio 24. Episode transmitted on 4/11/2014.

9. In architecture the stake or the menhir, pointed at a star in heaven, provides us with information. This information provides knowledge (it is the north star, indicating the north and many other things that ensue).

10. Obviously places that accumulate information are often on the tops of hills or promontories, places with potential information from time immemorial. Just think of the Pantheon; it provides proof about the effectiveness of this interpretation of the native scene of architecture based on the concept of information and not shelter. The Pantheon is the ultimate anti-shelter (it rains in the building); its status as a symbolic, astronomic 'information-providing' machine is immediately more than obvious. I'd like to cite three books that focus on this issue; each are based on assumptions very different to the one I propose here, but they can help define the field involved: Adrian

Snodgrass (Snodgrass 1990); Christian Norberg-Schulz (Norberg-Schulz 1975); Lorenzo Giacomini. *Cosmo e abisso. Pensiero mitico e filosofia del luogo*. Milano: Guerini Scientifica, 2004. Finally I would like to remind readers that trying to recreate the 'native scene' in order to project oneself into the future was inspired in me by a seminar held a long time ago by Franco Purini who based his speech on the front cover of the book *Essai sur l'architecture* (Paris 1753), but the concept is also present in several other cultural works in general. The most famous is the film 2001 A Space Odyssey by Stanley Kubrick who, to project himself into what in 1969 seemed a remote and sci-fi future, felt the need for a long introduction, almost twenty minutes, during which he created the native scene of mankind. Kubrick also based his work on the concept of an element of rationality capable of making the world intelligible and sparking the process of instrumentality that leads to the conquest of space.

11. Antonino Saggio, *Informazione Materia prima dell'Architettura*, Op.Cit, 118, September 2003; see also Saggio 2007 (English translation *The IT Revolution In Architecture, Thoughts on a Paradigm Shift*, Itools, Lulu, Raleigh 2013). Another book that has tackled some of these aspects within the framework of representation is by Riccardo Migliari. *Il disegno come Modello*. Roma: Kappa, 2004. In particular, the topic of the relationship with invisible space has, for example, a reference in the idea of the Integrated Model (IM) which, apart from physical descriptive information, also contains other information regarding sensors. "Just think, for example, of the most advanced experiments in the

field of interactive architecture: some of the qualities of architectural space are continuously digitalised: acquired data, the *m* models, become part of a bigger IM, and transform it; finally, peripheral devices that we generally are not used to considering peripheral, reproduce the IM and modify real space into the same acquired qualities or into other qualities" (Graziano Mario Valenti. *MI Il modello integrato*, in Riccardo Migliari, *Il disegno come Modello*, cit., p. 62).

12. The installation by Marcos Novak, 'Invisible Architectures' at the Venice Biennale of Architecture in 2000 (cfr. <www.arc1.uniroma1.it/saggio/Filmati/Animazioni/Varie/novak.mov> [May 2015]) poses the same problem illustrated in this article. How can we represent an 'invisible' space? The installation is based on the creation of a portion of space completely dissimilar to the invisible space around it, but one which also exists.

13. 'Essay Concerning Human Understanding' can also be studied at the following link: <<http://www.ekac.org/essay.html>> [May 2015].

14. Cfr. Rovelli 2014.

15. Cfr. Antonino Saggio. *La Schiuma che informa*. L'Architetto, January 2015 (only in electronic format www.larchitetto.it). This recent article describes how an active predisposition of informative and implementing systems of the city, especially associated with risk elements, can represent a shift between one invisible information network and tangible changes in the architecture of the city.

References

- Hall Edward T. *The Hidden Dimension*. New York: Anchor Books, 1969. 217 p. ISBN: 978-03-8508-476-5. Trad. it. *La dimensione nascosta*. Milano: Bompiani, 1981. 286 p. ISBN: 978-88-4522-699-1.
- Isaacson Walter. *Einstein la sua vita, il suo Universo*. Milano: Mondadori 2008. 645 p. ISBN: 978-88-0458-308-0. [*Einstein. His Life His Universe*. New York: Simon & Schuster, 2007. 624 p. ISBN: 978-14-1653-932-2].
- Norberg-Schulz Christian. *Esistenza Spazio e architettura*. Collana Saggi, a cura di Filiberto Menna. Roma: Officina Edizioni, 1975. 144 p.
- Rovelli Carlo. *La realtà non è come appare*. Milano: Raffaele Cortina editore, 2014. 242 p. ISBN: 978-88-6030-641-8.
- Saggio Antonino. *Introduzione alla Rivoluzione Informatica in Architettura*. Roma: Carocci Editore, 2007. 168 p. ISBN: 978-88-4304-094-0.
- Snodgrass Adrian. *Architettura, Tempo, Eternità, Il simbolismo degli astri e del tempo nella architettura tradizione*. Edizione italiana curata da Guglielmo Bilancioni. Milano: Bruno Mondadori 2004. 620 p. ISBN: 978-88-4249-004-3 [*Architecture, Time and Eternity: A Studies in the Stellar and Temporal Symbolism of Traditional Buildings*. Sata-Pitaka Series, V. 356-357. Hardcover-December, 1990. 688 p. ISBN: 81-8517-930-8].

Marco Muscogiuri

Disegno e progetto nell'opera di Kengo Kuma
Drawing and design in works by Kengo Kuma

This article reflects on Kengo Kuma's works and the relationship between drawing and design in the works by the Japanese architect. It emphasises the link between his creative process and representation tools (sketches and ideative drawings, the digital technical drawing of the final plan, and the physical model), his design method, and the qualitative and perceptive characteristics of his built architecture. It also highlights his use of traditional Japanese representation methods and design techniques coupled with a contemporary language.

Key words: Kengo Kuma, heuristic design, architectural design, Japanese architecture, spatial layering.

In the last few years Kengo Kuma has become an internationally renowned architect. His design activities include a vast range of different works: from small pavilions for temporary installations to museums, villas, housing units, commercial and recreational structures and landscape designs.¹ Inspired by Kenneth Frampton's book Towards a Critical Regionalism, Kumo refuses to be part of the contemporary trend to produce 'object', sculptural and seductive architectures. In his book entitled Anti-Object² Kuma states that his goal is to 'eliminate architecture', i.e., to build works that blend into the landscape and the context and perceptively dissolve into them. His design research does not involve arbitrary aesthetic solutions or the use of ostentatious new technologies; instead it entails a careful, thoughtful study of the material components of architecture, their spatial and dimensional characteristics and the way they relate to each other and to the context with which they interact; it also involves contemporary language coupled with the many traditional building techniques used in Japan. In the preface to a monograph (2012) about his works curated by Frampton, Kuma wrote a sort of new manifesto complaining about the loss of so many artisanal skills once widespread in rural Japan. He also deplored the formal technical homogeneity of the architecture produced by globalisation.³ Kuma believes that the solution is to achieve a less individualistic and self-centred architecture and society: sustainable architecture rooted in the context,

A partire da una riflessione sull'opera di Kengo Kuma, il testo affronta il rapporto tra disegno e progetto nell'opera dell'architetto giapponese, evidenziando il legame che intercorre nel suo processo creativo tra gli strumenti della rappresentazione (lo schizzo e i disegni ideativi, il disegno tecnico digitale dello sviluppo esecutivo, il modello fisico), la sua metodologia progettuale e le caratteristiche qualitative e percettive delle sue architetture costruite, evidenziandone inoltre la continuità con le modalità di rappresentazione e le tecniche progettuali tradizionali della cultura giapponese, declinate con linguaggio contemporaneo.

Parole chiave: Kengo Kuma, disegno euristico, disegno architettonico, architettura giapponese, spatial layering.

Architetto assunto negli ultimi anni a fama internazionale, Kengo Kuma ha affrontato nella sua attività progettuale una molteplicità di ambiti molto differenti tra loro: dai piccoli padiglioni per installazioni temporanee ai musei, dalle ville all'*housing* a scala urbana, dalle strutture commerciali e ricreative al progetto del paesaggio¹. Ispirandosi al "Regionalismo Critico" di Kenneth Frampton e rifiutando di partecipare alla tendenza contemporanea a produrre architetture "oggettuali", scultoree e seduttive, Kuma dichiara nel suo volume *Anti-Object*² che il suo obiettivo è quello di "cancellare l'architettura", ovvero realizzare opere in grado di fondersi nel paesaggio e nel contesto, dissolvendosi percettivamente in esso. La ricerca progettuale che egli persegue non sta dunque nell'arbitrarietà della soluzione estetica o nell'ostentazione delle nuove tecnologie, bensì nell'attento e approfondito studio delle componenti materiche dell'architettura, delle loro caratteristiche spaziali e dimensionali, nonché delle relazioni che si creano tra loro e con il contesto con cui interagiscono, declinando con linguaggio contemporaneo le più

svariate tecniche costruttive tradizionali del Giappone.

Nel 2012, nella prefazione a una monografia sulla sua opera curata dallo stesso Frampton, Kuma scrive una sorta di nuovo manifesto, lamentando la dissipazione delle tante capacità artigiane un tempo diffuse nei territori rurali della sua terra, e deplorando l'omogeneità formale e tecnica dell'architettura prodotta dalla globalizzazione³. La risposta, per Kuma, è perseguire la realizzazione di una società e di un'architettura meno individualiste e auto-centrate: un'architettura sostenibile e radicata nel contesto, in grado di costruire e consolidare relazioni, per una società fondata sulla cura dei rapporti umani e sulla crescita, per dirlo con le parole del sociologo americano Robert Putnam, di "capitale sociale", inteso come l'insieme delle istituzioni, delle norme sociali di fiducia e reciprocità, delle reti di relazioni formali e informali che favoriscono l'azione collettiva e costituiscono una risorsa per la produzione di benessere⁴.

Verso un'architettura di relazioni

L'architettura giapponese è tradizionalmente un'architettura di relazioni (con il paesaggio, tra esterno e interno, tra le persone), più che di forma⁵. Un'architettura attenta alla natura e al ciclo delle stagioni, che affonda le sue radici nel *Shikinen Sengu*, la cerimonia di ricostruzione periodica del grande Santuario di Ise, da 1.300 anni demolito e ricostruito ogni vent'anni identico a se stesso. In questo senso, l'architettura non può che essere intesa come effimera e transeunte, e solo la terra e il suolo su cui essa è costruita sono permanenti⁶. Questi aspetti erano stati ben colti da Bruno Taut e, prima ancora, da Frank Lloyd Wright, entrambi profondamente influenzati, in modi diversi, dalla scoperta della cultura e dell'architettura giapponese.



1/ *Pagina precedente*. Veduta aerea del Grande Santuario di Ise, Prefettura di Mie (foto 26 agosto 1953).

Previous page. *Aerial view of the Ise Grand Shrine, Mie Prefecture* (photo 26 August 1953).

2/ Guesthouse di Atami ("Water/Glass House"), 1995 (foto Mitsumasa Fujitsuka). Veduta della sala affacciata sulla terrazza costituita da una vasca d'acqua con il bordo a sfioro, che crea un orizzonte artificiale visivamente in continuità con l'oceano in lontananza.

The Guesthouse in Atami ("Water/Glass House"), 1995 (photo Mitsumasa Fujitsuka). View of the room facing the terrace with an infinity pool, creating an artificial horizon visually connected to the ocean in the distance.

Taut, in Giappone dal 1933 al 1936, resta impressionato dagli interni Villa Imperiale di Katsura a Kyoto (XVII secolo), caratterizzati da un'armonica purezza di linee e di spazi incentrati sulla modularità dei *tatami* (le tradizionali stuoie in paglia), dalla semplicità degli elementi strutturali e da un uso rigoroso e sapiente dei materiali costruttivi, dal più prezioso legno di hinoki alla semplice paglia dei tetti⁷, Taut, come più tardi farà Gropius, trova qui applicata l'essenza più pura dei principi del movimento moderno, oltre qualsiasi formalismo, tanto da affermare che quell'opera è «un perfetto esempio di quello che, con formula moderna, potremmo definire "funzionalismo", non solo in senso pratico e utilitaristico. Salvo che qui il termine "funzione" assume un significato spirituale, filosofico»⁸.

Attraverso Taut, Kuma riscopre l'architettura giapponese tradizionale. Quando gli viene affidato l'incarico per quella che sarebbe stata una delle sue opere più famose, la Guesthouse di Atami (la cosiddetta "Water/Glass House"), Kuma va a visitare la vicina Villa Hyuga, costruita dall'architetto tedesco nel 1936. Qui, lo colpisce non soltanto la finezza con cui Taut aveva usato alcuni elementi tradi-

zionali, come i *tatami*, gli *shôji* (pannelli scorrevoli in carta traslucida) e i *fusuma* (pannelli scorrevoli rivestiti in cartone o tessuto), ma anche come egli avesse compreso l'intima relazione tra la casa e la natura, tipica dell'architettura giapponese⁹.

La Guesthouse di Atami è una svolta del percorso di Kuma, che riesce nell'obiettivo di "cancellare l'architettura", dissolverla nell'ambiente in cui è immersa. La villa è collocata sulla sommità di una collina affacciata sull'oceano, e non è visibile dall'esterno. Le stanze, interamente vetrate, si affacciano su una terrazza coperta da una tettoia in acciaio e vetro e costituita da una vasca d'acqua con il bordo a sfioro, che crea un orizzonte artificiale visivamente in continuità con l'oceano in lontananza (un espediente simile allo *shakkei*, il "paesaggio preso a prestito" tipico del giardino giapponese)¹⁰. La "Water/Glass House" è definita solo dai piani orizzontali del pavimento (l'acqua) e del soffitto (le lamelle), così come avviene nell'architettura giapponese dopo il XV secolo e nella Villa Hyuga di Taut. Gli spazi sono divisi mediante *shôji* e *fusuma* in vetro, con continuità tra interno ed esterno, facendo scomparire l'architettura ma mantenendo la percezione e l'esperienza che si

capable of building and consolidating relationships for a society focused more on human relations and growth. The American sociologist Robert Putnam calls it 'social capital' considered as an ensemble of institutions, social norms of trust and reciprocity, networks of formal and informal relationships prompting collective action and acting as a resource to produce wellbeing.⁴

Towards an architecture of relationships

Rather than an architecture of form, Japanese architecture is traditionally an architecture of relationships (with the landscape, between interior and exterior, and between people).⁵ An architecture attentive to nature and the cycle of the seasons that sinks its roots in the *Shikinen Sengu*, the ceremony of periodic reconstruction of the Ise Grand Shrine that for the last 1,300 years has been demolished and rebuilt every twenty years, identical to the original. The sense of this tradition is that architecture is ephemeral and transitory, and only the earth and the land on which it is built is permanent.⁶

These aspects were well understood by Bruno Taut and, before him, Frank Lloyd Wright, both deeply but differently influenced by their own personal discovery of Japanese culture and architecture.

When Taut visited Japan between 1933 and 1936 he was impressed by the interiors of the Katsura Imperial Villa in Tokyo (seventeenth century), its harmonic purity of lines and spaces based on the modularity of the *tatami* (traditional straw mats), its simple structural elements and a meticulous but astute use of building materials, from its precious hinoki wood to its simple straw roofs.⁷ Like Gropius years later, Taut realised that Japan applied the purest essence of the principles of the modern movement, beyond any formalism; so much so that he commented that the Villa was "a perfect example of what, with a modern formula, we might define as 'functionalism', not only in a practical and utilitarian sense. Except that here the term 'function' takes on a spiritual, philosophical meaning".⁸

Kuma rediscovered traditional Japanese architecture thanks to Taut. When commissioned what was to become one of his most famous works – the Atami Guesthouse



3/ Great (Bamboo) Wall, Cina, 2002 (foto Satoshi Asakawa).
The Great (Bamboo) Wall, China, 2002 (photo Satoshi Asakawa).



4/ Great (Bamboo) Wall, Cina, 2002. Veduta interna
 (foto Satoshi Asakawa).
*The Great (Bamboo) Wall, China, 2002. Interior
 (photo Satoshi Asakawa).*



(the so-called 'Water/Glass House') – Kuma visited Villa Hyuga located next to the site and built by the German architect in 1936. Here he was struck not only by the finesse with which Taut had used several traditional elements such as the tatami mat, the shoji (sliding rice paper screens) and the fusuma (sliding cardboard or cloth screens), but also by the way he had understood the intimate relationship between the house and nature characterising Japanese architecture.⁹ The Atami Guesthouse was a turning point in Kuma's career; he succeeded in 'eliminating architecture' and blending it into its surroundings. The villa stands on the top of a hill facing the ocean, but is invisible to any onlooker. All the rooms have glass walls facing a terrace (covered with a steel and glass canopy) equipped with an infinity pool creating an artificial horizon visually connected to the ocean in the distance (a subterfuge similar to the shakkei, the 'borrowed landscape' typical of a Japanese garden).¹⁰ The 'Water/Glass House' is defined only by the horizontal planes of the floor (water) and the ceiling (louvers), just like post fifteenth-century Japanese architecture and Taut's Villa Hyuga. Spaces are divided using glass shoji and fusuma – seamless interior and exterior – making architecture disappear but maintaining the perception and sense that one

ha di essa, e generando in tal modo tra le superfici uno spazio-tempo (in giapponese "ma") fluido e trasparente.

La rappresentazione dello spazio-tempo, da Hiroshige a Kuma

Il concetto giapponese di *ma* (間) è essenziale per la comprensione dei progetti di Kuma.

In Giappone i concetti di spazio e di tempo sono mescolati, e compresi entrambi nel termine *ma*, che può essere definito come «il naturale intervallo tra due o più elementi posti in continuità» oppure «lo spazio vuoto tra due elementi, un varco, lo spazio compreso tra due colonne», oppure ancora «l'intervallo con cui un certo fenomeno avviene nel tempo»¹¹. Originariamente consisteva dell'ideogramma della "luna" (月) – non quello attuale del "sole" (日) – sotto il segno della "porta" (門). Questo ideogramma, indicando quel delicato momento in cui il chiaro di luna appare nel vano di una porta, esprime la natura fenomenica e la percezione relativizzata dello spazio che si ha nel tempo (e viceversa).

Un altro concetto basilare è quello di *oku* (奥), riferito all'idea di "spazio interno" e di "profondità percepita". L'*oku* rappresenta il centro invisibile delle cose, ma anche la stratificazione dei significati che ha lo spazio nella cultura giapponese. Secondo l'architetto giapponese

Fumihiko Maki l'*oku* fa parte del vissuto spaziale quotidiano giapponese: «indica una nozione di posizione nello spazio – un senso di luogo – che solo i giapponesi posseggono. È interessante notare che la parola *oku* [...] implica sempre il concetto di *okuyuki* (profondità), che indica una distanza relativa o un'impressione di distanza in uno spazio dato. Rispetto ad altri popoli, i giapponesi sono vissuti in comunità di densità relativamente alta sin dall'antichità e perciò hanno sviluppato un senso dello spazio finito e intimo»¹². Maki si riferisce, in particolare, all'edificato delle città giapponesi, che crescono e si sviluppano «come gli strati di una cipolla» intorno a un nucleo, spesso vuoto.

«Figuratamente parlando – spiega Arata Isozaki – in Occidente lo spazio è tridimensionale e la quarta dimensione è data dal tempo. In Giappone, lo spazio è pensato come una composizione piana bi-dimensionale, la profondità è data dalla sovrapposizione dei piani [...] In Giappone lo spazio quadrimensionale risulta dalla sovrapposizione dei piani secondo il vettore del tempo»¹³.

Ai concetti di *ma* e di *oku* è legato quello del cosiddetto "spatial layering" di Kengo Kuma. Egli, infatti, progetta per "strati" bidimensionali sovrapposti, reinterpretando in tal modo la lezione dell'artista *ukiyo-e* Hiro-

shige Ando (1797-1858). L'*ukiyo-e* ("immagine del mondo fluttuante") è stato un genere artistico diffuso in Giappone tra il XVII e l'inizio del XX secolo, le cui illustrazioni erano ottenute dalla stampa successiva e sovrapposta di molteplici blocchi in legno, ognuno inchiostrato di un colore. Poiché il disegno mancava di prospettiva, la profondità di campo era data non solo dalla differente dimensione degli elementi presenti all'interno del disegno (persone, oggetti, elementi del paesaggio), ma anche da tale stratificazione di "strati" sovrapposti¹⁴.

Come nelle stampe *ukiyo-e*, nelle opere di Kuma la profondità è data dalla stratificazione di "layers" sovrapposti, che creano tra loro un *ma*, originando *oku*. Inoltre, così come Hiroshige rappresenta pioggia, nebbia e foschia mediante "layers" di texture di tratti fitti e uniformi, allo stesso modo Kuma frammenta la materia di cui sono composti i vari "layers" dei suoi edifici in piccole parti: in frangisole verticali o orizzontali (come nel Museo Hiroshige, nella Ginza Hot Spring Fujiya Inn, nella Great Bamboo Wall House, e in numerosi altri progetti) oppure in elementi lapidei o ceramici di differente foggia e dimensione alternati a spazi vuoti (come nelle vibranti texture delle facciate dello Stone Museum, nella Chokkura Shelter, nella Lotus House, nel Chengdu Museum of Wisdom, nella Casalgrande Ceramic Cloud).

"Discretizzando"¹⁵ la materia di cui sono composte le facciate e le superfici, egli riesce a farle attraversare da luce, aria e suono. Non persegue la trasparenza dell'architettura moderna, bensì l'apparente dissoluzione dell'architettura stessa nell'ambiente, tanto che Gregg Lynn ritrova nelle texture dei prospetti delle sue architetture un riferimento al *pointillisme* di Seurat¹⁶, mentre Boton Bognar sottolinea come, in chiave più contemporanea, si possano trovare analogie nella *pixelation* delle immagini della rappresentazione digitale¹⁷.

Per Kuma, l'aspetto più importante di un progetto non è dunque la composizione architettonica o l'articolazione della pianta o della sezione, bensì le "particelle" di cui sarà composto l'edificio, perché dalle loro forme, materiali e soprattutto dimensioni dipende

la relazione tra l'architettura e l'ambiente circostante: una relazione fenomenica, legata alla percezione dell'osservatore, alla distanza a cui si trova, all'angolo visuale, ai suoi movimenti, alle condizioni atmosferiche. Proprio questa dimensione fenomenologica rende l'architettura di Kuma cangiante, effimera, apparentemente fragile, fino a spingersi all'illusorietà scenografica, impossibile da rappresentare completamente e compiutamente in quanto non si presta ad essere rappresentata proprio per il suo carattere atomizzato, così instabile e dipendente dal contesto, dalle condizioni ambientali, dalla posizione dell'osservatore e dalla distanza, tanto da apparire, a seconda dei casi, opaca o trasparente, pesante o leggerissima.

Per questa ragione, la dimensione delle "particelle" è il parametro fondamentale e, di conseguenza, risulta essenziale la verifica mediante modelli (*mock-ups*) in scala reale. Nel processo progettuale vi è un continuo rimando dalla scala della singola particella alla scala dell'opera intera e a tutte le sue scale intermedie: non vi è, per Kuma, un percorso lineare dal *masterplan* alle piante, ai prospetti, al dettaglio costruttivo. Spesso anzi è proprio il dettaglio costruttivo a venire per primo, come per lo Stone Museum, dove l'elemento modulare in pietra è all'origine di tutto il progetto.

Schizzo, disegno tecnico e modello

Quella di Kuma è un'architettura asimmetrica per eccellenza, multisensoriale, anti-oggettuale e anti-oggettiva, anti-prospettica e anti-statica, lontana dalle categorie occidentali legate al rapporto tra soggetto e oggetto e alla prospettiva di matrice rinascimentale: non vi è mai un punto di vista privilegiato, e benché suggestiva, l'immagine fotografica non riesce mai a rendere a sufficienza la qualità degli spazi e le loro caratteristiche.

Anche i disegni di Kuma sono anti-prospettici, quasi sempre in proiezione ortogonale. Non è casuale, forse, che i rari schizzi prospettici riguardino quasi esclusivamente edifici da realizzarsi in Occidente, oppure risultino molto simili, come impostazione, alle stampe *ukiyo-e* (si veda lo schizzo della Ginza Bath House).

has of them and thereby creating a fluid and transparent space-time between the surfaces (in Japanese 'ma').

Representation of space-time, from Hiroshige to Kuma

The Japanese concept of ma (間) is crucial to understand Kuma's designs.

In Japan the concepts of space and time are combined and both are expressed by the word ma, defined as "the natural interval between two or more things existing in a continuum" or "the gap between two things, an opening, the space encompassed by columns" or also "the natural pause or interval in which phenomena arise through time".¹¹ It was originally the ideogram of the 'moon' (月) – not the current pictorial sign of the 'sun' (日) – under the sign of the 'gate' (門). This ideogram indicates the delicate moment when moonlight appears through an open door; it expresses phenomenical nature and the relativised perception of space we have over time (and vice versa).

Another basic concept is that of oku (奥), referring to the idea of 'inner space' and 'perceived depth'. Oku represents the invisible centre of things, but also the stratification of the meanings of space in Japanese culture. According to the Japanese architect Fumihiko Maki, oku is part of the everyday spatial life of the Japanese: "it indicates a notion of position in space – a sense of place – which only the Japanese possess. It is interesting to note that the word oku [...] invariably implies the concept of okuyuki (depth), which refers to a relative distance or impression of distance in a given space. Compared to other populations, the Japanese have lived in communities of relatively high density since antiquity and have therefore developed a sense of finite and intimate space".¹² Maki refers in particular to the built in Japanese cities that grow/develop "like the layers of an onion" around an often empty nucleus.

Arata Isozaki explains that "Figuratively speaking it is said in the West that space is three-dimensional and a four-dimensional world results from the additional element of time. In Japan, however, space is thought to be a planar two-dimensional compound. Depth is created by a combination of planes. [...] In

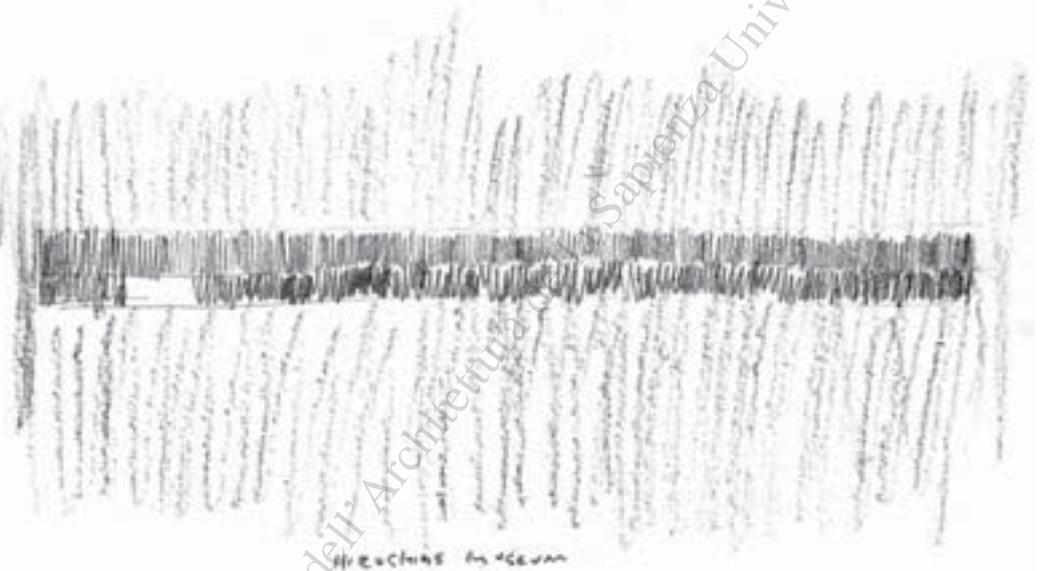
5/ Nakagawa-machi Bato Hiroshige Museum of Art, Nasu-gun, Tochigi, Prefettura di Kanto (J), 2000. Disegno originale di Kengo Kuma, grafite su carta giapponese. *Nakagawa-machi Bato Hiroshige Museum of Art, Nasu-gun, Tochigi, Kanto Prefecture (J), 2000. Original drawing by Kengo Kuma, graphite on Japanese paper.*

Japan four-dimensional space is visualised as the result of combining planes and axis of time".¹³ Kengo Kuma's so-called 'spatial layering' is linked to the concepts of *ma* and *oku*. In fact he designs in superimposed two-dimensional 'layers', thereby reinterpreting the lesson of the ukiyo-e artist Hiroshige Ando (1797-1858). Ukiyo-e ('image of the floating world') was an artistic genre popular in Japan between the seventeenth and early twentieth century. The images were created using wood blocks to repeatedly print superimposed images; each layer used a different colour. Since the drawing had no perspective, depth of field was created only by the different size of the elements in the drawing (people, objects, landscape features) and the stratification of these superimposed 'layers'.¹⁴

Similar to the ukiyo-e prints, Kuma's works also have depth thanks to the stratification of superimposed 'layers' which together create *ma* and generate *oku*. Like Hiroshige who represents rain, fog and mist using 'layers' of texture and dense, uniform lines, Kuma breaks the matter that makes up the various 'layers' of his buildings into small pieces: either into vertical or horizontal louvers (e.g., the Hiroshige Museum, the Ginzan Hot Spring Fujiya Inn, the Great Bamboo Wall House, and many other designs), or into stone or ceramic elements, all different in shape and size, alternating with empty spaces (e.g., the vibrant textures of the façades of the Stone Museum, the Chokkura Shelter, the Lotus House, the Chengdu Museum of Wisdom and the Casalgrande Ceramic Cloud).

"Particllising"¹⁵ the matter he uses for façades and surfaces Kuma succeeds in making light, air and sound pass through them. He is not trying to create transparent modern architecture, but to ostensibly dissolve architecture itself into nature, so much so that Gregg Lynn considers the textures of his architectural façades a reference to Seurat's pointillism,¹⁶ while Botton Bognat emphasises how it's possible to find analogies in the pixelation of the images of the digital representation.¹⁷

Kuma does not consider the architectural composition or the arrangement of the plan and section to be the most important aspect of



Anche gli stessi disegni di progetto sembrano pensati e realizzati per "layers" sovrapposti, bidimensionali ma ricchi di profondità, a suggerire in pochi tratti l'infinita ricchezza dell'esperienza emozionale che quell'architettura potrà donare a chi la visiterà, svelandosi nelle sue tessiture, nelle sue trame, nei suoi materiali, nella luce dei suoi spazi.

Nell'iter progettuale di Kuma il disegno resta l'elemento fondante, essenziale nella fase euristica e di invenzione, mentre il modello fisico ha l'insostituibile compito della verifica (sia percettiva sia tecnica) in tutte le fasi successive. Il rendering fotorealistico, infine, ha essenzialmente l'obiettivo di comunicare il progetto al committente (soprattutto se occidentale), con finalità seduttiva e persuasiva, ma senza avere una particolare cifra stilistica riconoscibile in grado di distinguerlo da altri architetti contemporanei, dal punto di vista delle modalità di rappresentazione.

L'idea progettuale nasce da un processo di analisi e di sintesi in cui il disegno a mano libera, e in particolare lo schizzo realizzato a grafite su carta giapponese, funge da catalizzatore e da strumento di controllo della soluzione formale che si intende perseguire, mentre nella fase di elaborazione subentrano sistemi di rappresentazione di matrice proiettiva, realizzati a computer, focalizzati anche e soprattutto sui disegni di dettaglio costruttivo, che trovano riscontro nei modelli fisici a diverse scale.

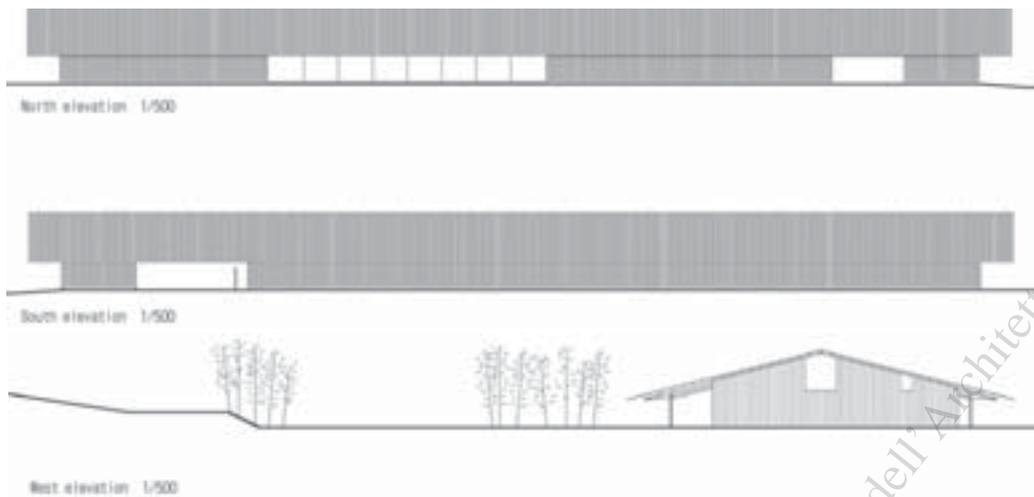
L'accostamento dei due linguaggi dello schizzo e del CAD, di primo acchito stridente, è invece coerente con la metodologia progettuale e la filosofia dell'autore. Gli schizzi, di un grafismo ordinato e rarefatto, risultano dalla reiterazione di tratti di diversa lunghezza, dimensione e spessore, tracciati con meticolosità, a comporre campiture di varia gradazione. L'architettura non compare mai delineata da un contorno, ma la sua forma, quasi sempre in prospettiva, appare come una quinta eterea, che si dissolve nel paesaggio circostante; paesaggio che ha solitamente un peso di gran lunga maggiore di quello occupato dall'edificio progettato, disegnato con ampie campiture pastose che tracciano il terreno e vibranti texture che definiscono il cielo o la vegetazione. I disegni tecnici, precisi, meticolosi, dettagliatissimi, sono legati in modo indissolubile agli schizzi, in quanto è proprio grazie alla precisione del dettaglio esecutivo, alla competenza tecnica e al sapiente uso dei materiali, secondo la migliore tradizione costruttiva giapponese, che Kuma riesce a portare nella realtà dell'opera costruita la stessa rarefatta incorporeità rappresentata sulla carta.

Kuma sostanzialmente non realizza altri disegni intermedi, tra gli schizzi e i disegni esecutivi, e nell'iter progettuale sembra esserci un passaggio diretto dagli schizzi iniziali ai disegni realizzati in CAD, su cui lo stesso architetto interviene di suo pugno, con successive correzioni. I modelli fisici risultano invece determinanti, anche più dei disegni, per la veri-

6/ Nakagawa-machi Bato Hiroshige Museum of Art. Nasu-gun, Tochigi, Kanto Prefecture, 2000. Disegni di progetto. Prospetti nord, sud e ovest. *Nakagawa-machi Bato Hiroshige Museum of Art. Nasu-gun, Tochigi, Kanto Prefecture, 2000. Design drawings. North, south and west elevations.*

7/ Nakagawa-machi Bato Hiroshige Museum of Art. Nasu-gun, Tochigi, Prefettura di Kanto (J), 2000. Disegno esecutivo di progetto, pianta e sezione di dettaglio della copertura.

Nakagawa-machi Bato Hiroshige Museum of Art. Nasu-gun, Tochigi, Kanto Prefecture (J), 2000. Final Design: plan and detailed section of the roof.



fica del progetto e si spingono fino ai *mock-ups* costruiti in scala reale, che consentono di valutare la dimensione delle “particelle” che compongono i prospetti, in cui l’architetto “dissolve” la sua architettura: attraverso i modelli, ripetuti con minime variazioni, Kuma riesce a trovare la soluzione più adatta, ponendo osservare come vi passa la luce attraverso, soppesandone la pesantezza o la leggerezza visiva dell’insieme.

Modalità di rappresentazione, sperimentazione e metodologia di progetto

Kuma non procede, dunque, per passaggi successivi di avvicinamento di scala – dal generale al particolare – ma, definita un’idea formale mediante uno schizzo, passa poi direttamente alla definizione del dettaglio tecnico e materico, mediante il modello, per tornare, poi, a definire le scelte compositive generali. Gli strumenti e le modalità di rappresentazio-

a design. Instead he is fond of the ‘particles’ of a building because their form, materials, and especially their size, determine the relationship between the architecture and its surroundings: a phenomenonic relationship linked to the perception of the observer, how far away he is, his visual angle, movements and the weather. This phenomenological dimension makes Kuma’s architecture iridescent, ephemeral, ostensibly fragile, even to the point of producing a scenographic illusion, impossible to completely represent due to its atomised nature, so unstable and dependant on the context, the environment and the position and distance of the observer; so much so that depending on all these conditions it appears either opaque or transparent, heavy or extremely lightweight.

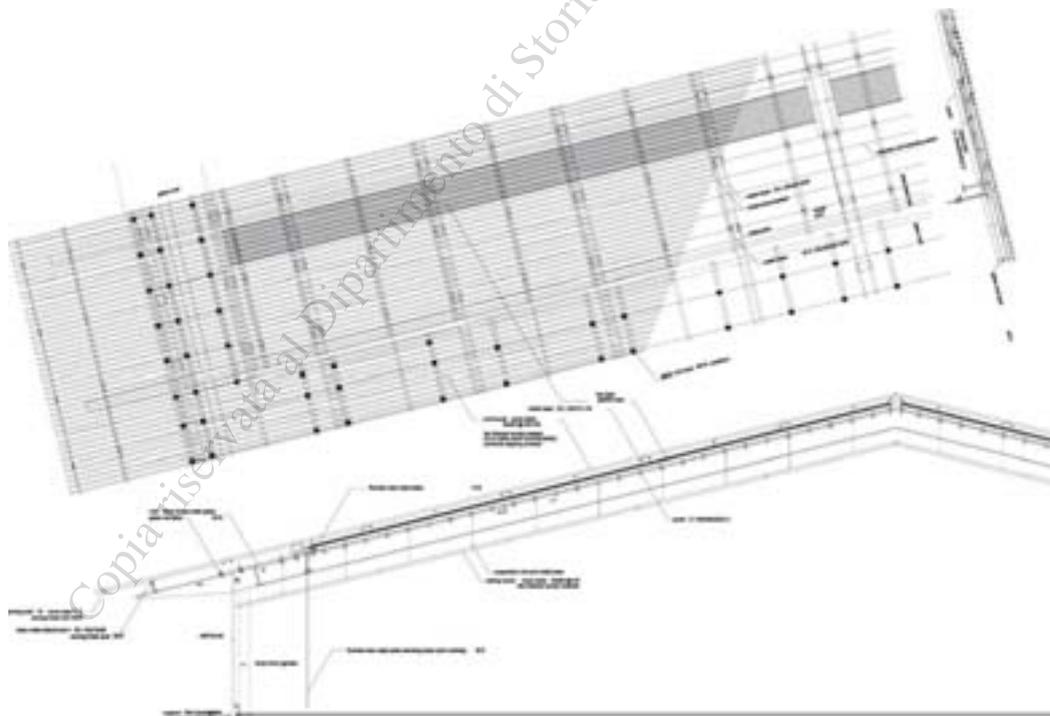
This is why the size of the ‘particles’ is his basic parameter; as a result, it’s crucial that the design be verified in real scale models (mock-ups). During the design process he continuously refers to the scale of each particle, to the scale of the whole work and all the intermediate scales: Kuma does not use a linear process from the masterplan to the plans, elevations and building detail. On the contrary, it’s often the building detail that comes first, for example in the Stone Museum, where the modular stone element is the ‘cornerstone’ of the whole project.

Sketch, technical drawing and model

Kuma’s architecture is the ultimate asymmetrical, multisensorial, anti-object, anti-objective, anti-perspective and anti-static architecture; it is a far cry from western categories linked to the relationship between subject and object and to the renaissance perspective. There is no privileged viewpoint and, although very suggestive, no photograph does real justice to the quality of the spaces and their characteristics.

Even Kuma’s drawings are anti-perspective and nearly always orthogonal projections. Perhaps it’s no accident that his very infrequent perspective sketches are almost exclusively either buildings to be built in the West, or are very similar in approach to utiko-e prints (e.g., the sketch of the Ginzan Bath House).

Even his design drawings appear to be conceived and produced using superimposed,



8/ Nakagawa-machi Bato Hiroshige Museum of Art, Nasu-gun, Tochigi, Prefettura di Kanto (J), 2000. Veduta degli spazi espositivi interni (foto Ibone Santiago). *Nakagawa-machi Bato Hiroshige Museum of Art, Nasu-gun, Tochigi, Kanto Prefecture (J), 2000. The interior exhibition spaces (photo Ibone Santiago).*

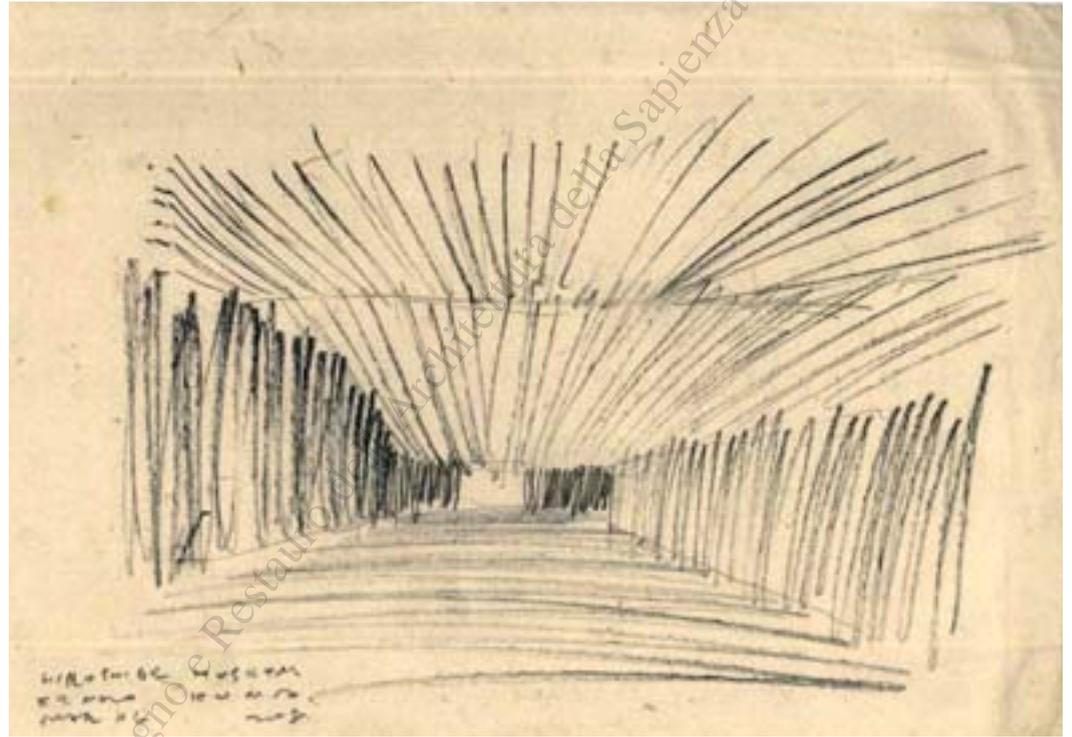


9/ Nakagawa-machi Bato Hiroshige Museum of Art, Nasu-gun, Tochigi, Prefettura di Kanto (J), 2000. Disegno originale di Kengo Kuma, grafite su carta giapponese. Veduta dell'interno.

Nakagawa-machi Bato Hiroshige Museum of Art, Nasu-gun, Tochigi, Kanto Prefecture (J), 2000. Original drawing by Kengo Kuma, graphite on Japanese paper. Interior.

10/ Stone Museum, Nakamachi, Ashino, Nasu-machi, Nasu-gun, Tochigi, Prefettura di Kanto (J), 2000. Disegno originale di Kengo Kuma, grafite su carta giapponese.

Stone Museum, Nakamachi, Ashino, Nasu-machi, Nasu-gun, Tochigi, Kanto Prefecture (J), 2000. Original drawing by Kengo Kuma, graphite on Japanese paper.



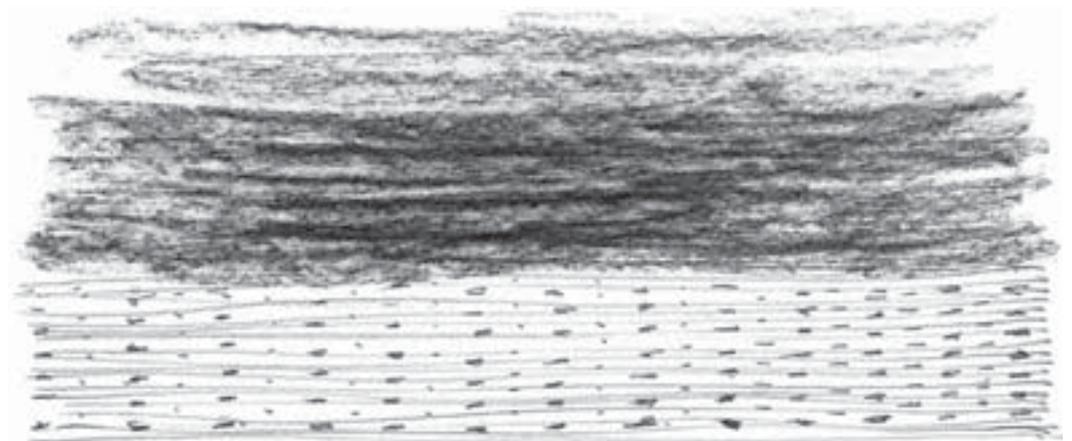
two-dimensional 'layers', but with a lot of depth; in a few strokes he expresses the endless wealth of emotions the architecture will be able to give any visitor; thanks to the light in its spaces, the building will reveal its weave, patterns and materials.

Drawings are the crucial element in Kuma's design process and remain absolutely essential in the heuristic and creative phase; instead physical models have replaced the vital task of perceptive and technical verification throughout the design phases. Finally, the basic task of photorealistic rendering is to communicate the design to the client (and seduce and persuade him), especially if it's a western client. Nevertheless, as far as representation methods are concerned Kuma doesn't have a signature style setting him apart from other contemporary architects.

The design idea evolves from a process of analysis and synthesis in which free hand drawings (especially pencil sketches on Japanese paper) act as a catalyst and tool to control the formal solution he intends to pursue. Instead during the elaboration phase he uses projective representation systems created on a computer

ne condizionano sempre fortemente lo sviluppo del progetto influenzando il linguaggio architettonico. In Europa, l'architettura rinascimentale è legata alla sistematizzazione dei fondamenti scientifici della prospettiva. Similmente, il procedimento di scomposizione visiva mediante le proiezioni ortogonali della geometria descrittiva mongiana sottende larga parte degli esiti del movimento moderno. E ancora, i disegni assonometrici dell'esperienza neoplasticista, al di là della mera rappre-

sentazione tridimensionale, divengono essi stessi metodo, principio costruttivo e poetica architettonica. Oggi le tecniche di rappresentazione digitale determinano l'evoluzione di molti linguaggi architettonici, fino a essere talvolta consustanziali alla poetica architettonica di chi le utilizza (pensiamo alla modellazione parametrica, da Greg Lynn a Peter Eisenman, fino al Parametricismo di Patrik Schumacher), in cui il progetto si sviluppa direttamente mediante il software, il disegno a



Stone Museum.

11/ Stone Museum, Nakamachi, Ashino, Nasu-machi, Nasu-gun, Tochigi, Prefettura di Kanto (J), 2000.

Disegni delle texture di due muri ortogonali tra loro, con aggiunta di schizzo a mano libera di Kengo Kuma.

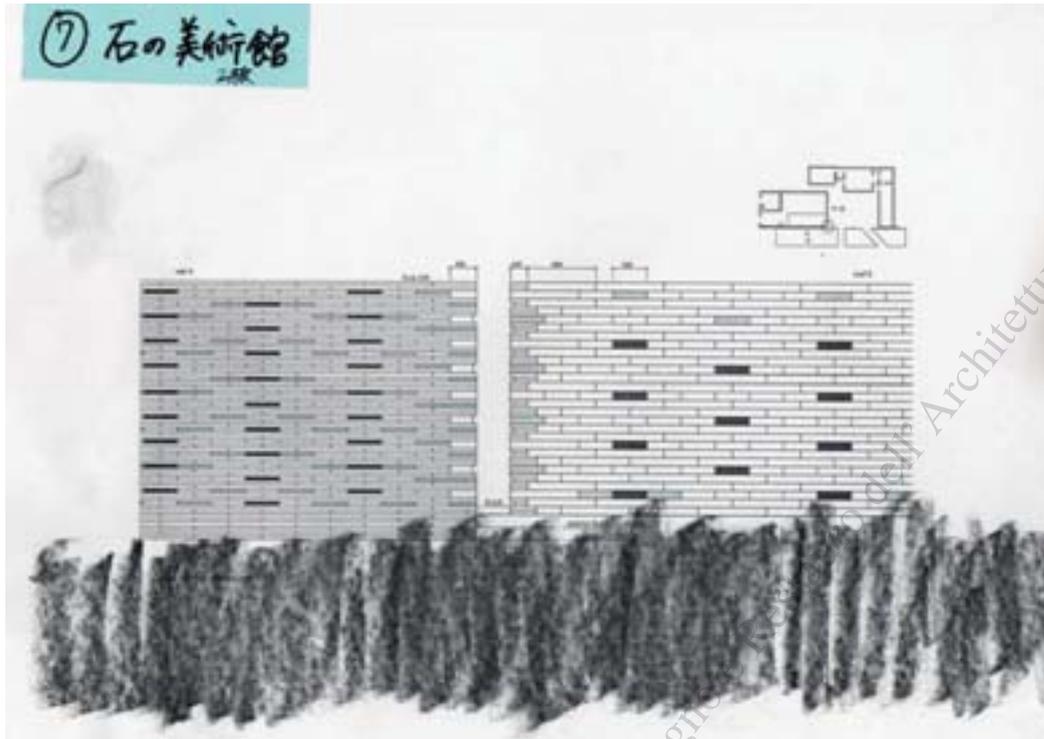
Stone Museum, Nakamachi, Ashino, Nasu-machi, Nasu-gun, Tochigi, Kanto Prefecture (J), 2000. Drawings of the texture of two orthogonal walls, plus a freehand sketch by Kengo Kuma.

12/ Stone Museum, Nakamachi, Ashino, Nasu-machi, Nasu-gun, Tochigi, Prefettura di Kanto (J), 2000. Veduta esterna.

Stone Museum, Nakamachi, Ashino, Nasu-machi, Nasu-gun, Tochigi, Kanto Prefecture (J), 2000. Exterior.

13/ Stone Museum, Nakamachi, Ashino, Nasu-machi, Nasu-gun, Tochigi, Kanto Prefecture (J), 2000. Veduta interna. Dettagli delle texture dei muri interni.

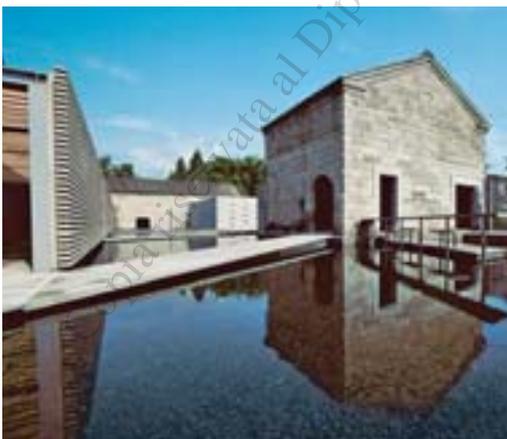
Stone Museum, Nakamachi, Ashino, Nasu-machi, Nasu-gun, Tochigi, Kanto Prefecture (J), 2000. Interior. Details of the textures of the indoor walls.



mano diventa marginale e la forma architettonica è ricavata selezionando una tra le infinite varianti offerte dalla sequenza parametrica algoritmica di deformazione dei volumi di partenza¹⁸.

Quanto di più distante dalla metodologia progettuale di Kuma, il quale mostra tuttavia grande consapevolezza critica di quanto gli strumenti della rappresentazione siano connessi ai linguaggi e alle modalità costruttive dell'architettura. Nei suoi scritti arriva, anzi,

a ipotizzare una diretta consequenzialità tra la computer graphics, sviluppata a partire dagli anni Novanta, che realizza un modello virtuale tridimensionale sulle cui facce "incollare" le texture indicanti i materiali, e la tecnica costruttiva maggiormente diffusa, a lui invisibile e chiamata "method called concrete", caratterizzata da una struttura in cemento armato con tamponamenti rivestiti da un sottile spessore di finitura (in intonaco, pietra, metallo, legno, materiale plastico, etc.)¹⁹.



and focuses, also and above all, on the drawings of the building details later visible in the different physical scale models.

Coupling these two languages (sketches and CAD) might initially appear to be a mismatch, but instead it is a coherent choice in line with his design method and philosophy. The tidy, complex graphics of his sketches are reiterated lines of varying lengths, sizes and thicknesses; they are drawn with great care to create different hatching nuances. While the architecture is never outlined, its form (almost always in perspective) appears as an ethereal wing dissolving into the surroundings; a landscape that is normally much more important than the land on which the future building stands; a landscape drawn with broad mellow backgrounds, to outline the terrain, and vibrant textures to define the sky or vegetation. Kuma's accurate, meticulous and extremely detailed technical drawings are indissolubly linked to his sketches, because the precision of the final detail, his technical expertise and gifted use of materials (based on the best Japanese building tradition) is what helps Kuma imbue the real built work with the same mysterious incorporeity drawn on paper. Kuma doesn't actually make any intermediate drawings between the sketches and the final drawings; his design process passes directly from the initial sketches to the CAD drawings which Kuma himself corrects later. His physical models are even more crucial than the drawings to verify the design. In fact Kuma makes full-size mock-ups allowing him to assess the size of the 'particles' of the façades in which the architect 'dissolves' his architecture: by making minimum alterations to the models he successfully finds just the right solution because he can see how light passes through the models and can thereby assess the visual heaviness or lightness of the whole design.

Representation modes, experimentation and design methodology

Kuma does not proceed step by step using gradual scales from the overall to the detail; instead, once he has defined the formal idea in a sketch, he uses the model to define the technical and material details. He then goes back and makes overall compositional choices.

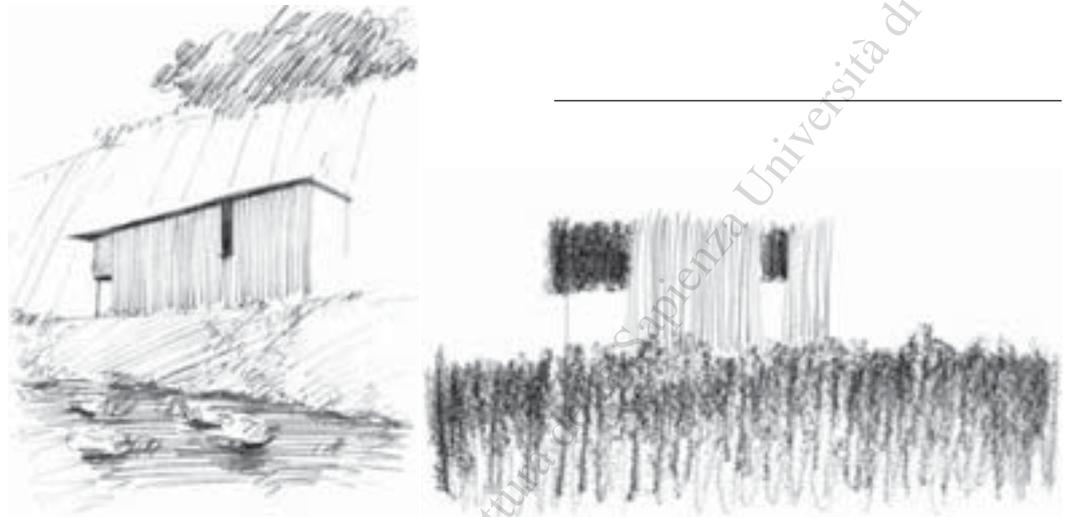
14/ Ginzan Bath House "Shirogane Yu". Ginzanshinbata Kita, Obanazawa-shi, Yamagata, Tokoku Prefecture (J), 2001. Schizzi di progetto. Disegni originali di Kengo Kuma su carta giapponese.

Ginzan Bath House 'Shirogane Yu'. Ginzanshinbata Kita, Obanazawa-shi, Yamagata, Tokoku Prefecture (J), 2001. Design sketches. Original drawings by Kengo Kuma on Japanese paper.

Representation tools and methods always affect not only the design, but also the architectural language. In Europe, Renaissance architecture is linked to the systemisation of the scientific fundamentals of perspective. Likewise, visual decomposition using the orthogonal projections of Monge's descriptive geometry is behind many of the designs of the modern movement. Furthermore, the axonometric drawings of Neoplasticism are not only mere 3D representations but also a method, building principle and architectural poetics. Current digital representation techniques determine the evolution of many architectural languages until in some cases they become consubstantial with the architectural poetics of their users (just think of parametric modelling, from Greg Lynn to Peter Eisenman, or Patrik Schumacher's Parametricism). In fact here the design is developed by the software; hand drawings become marginal and the architectural form is achieved by choosing one of the endless variants provided by the algorithmic parametric deformation sequence of the initial volumes.¹⁸

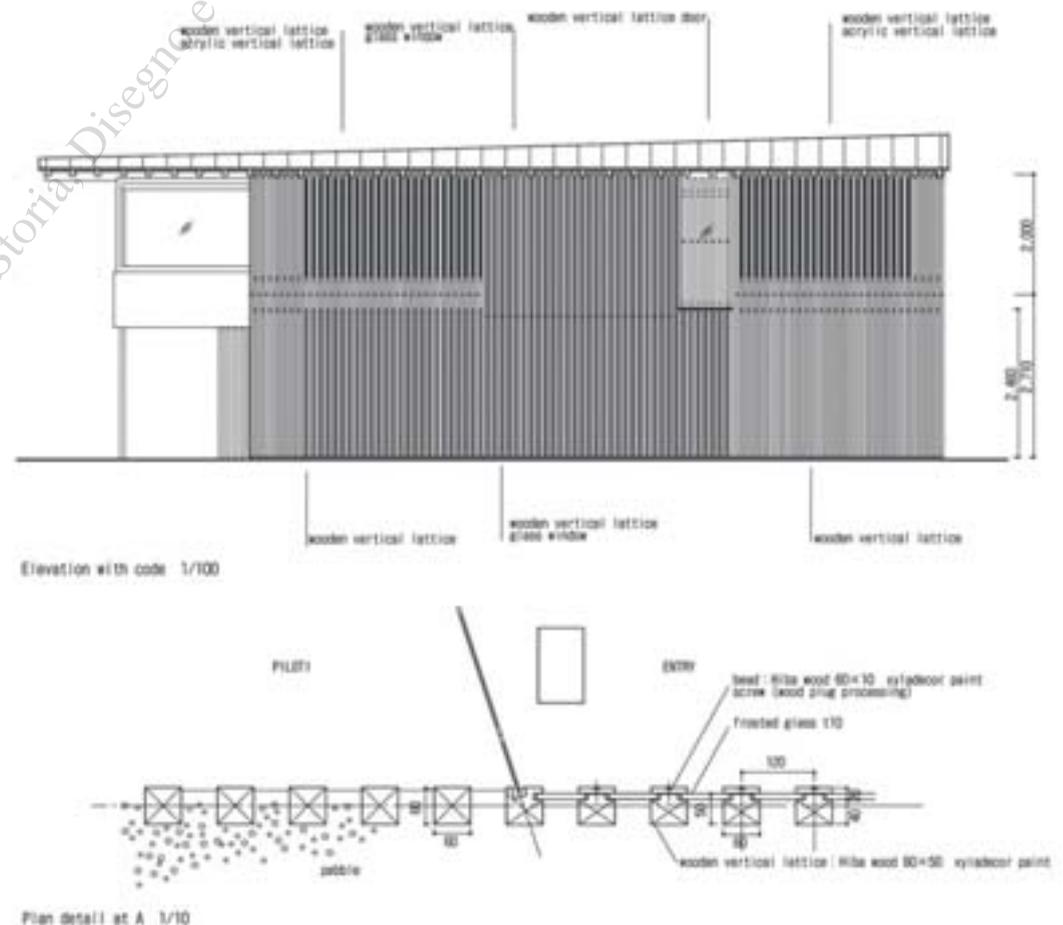
Nothing could be more different to Kuma's design method. Nevertheless, he is acutely aware of how representation tools are linked to architectural languages and building methods. In fact in his books he theorises a direct effect between computer graphics (which started in the nineties and can make a 3D virtual model on which it's possible 'to glue' textures indicating the materials) and today's most popular building technique that he hates and calls 'method called concrete', characterised by a reinforced concrete frame and infills covered with a thin top coat (plaster, stone, metal, wood, plastic, etc.).¹⁹

He considers building technique and representation technique two sides of the same coin; they are the end result of gradual over-abstraction and conceptualisation of the design and productive process divided into phases that take place consecutively during construction. Furthermore, Kuma believes that building systems that involve concrete and require rapid construction, a few tools and a worksite organisation based on a tendering and sub-contracting process, force the architect to play a marginal role that often has nothing to do with the building itself. We probably



Tecnica costruttiva e tecnica di rappresentazione gli sembrano le facce di una stessa medaglia, risultanti da una progressiva eccessiva astrazione e concettualizzazione del processo progettuale e produttivo, articolato per fasi successive della costruzione. Inoltre, secondo Kuma, con i sistemi edilizi connessi al calcestruzzo, fondati sull'economia dei tempi e dei mezzi e sull'organizzazione del cantiere per appalti e subappalti dei vari sistemi

di finitura, l'architetto finisce per avere un ruolo marginale, spesso scollegato dalla realtà costruttiva. Non è probabilmente infondato ritenere che la diffusione dei nuovi software di *Building Information Modeling* sia una conferma di tale congettura, e che il ruolo dell'architetto, a seconda della sua padronanza di tali software, possa essere ulteriormente ridimensionato o, al contrario, esaltato.



15/ *Pagina precedente*. Ginzan Bath House “Shirogane Yu”. Ginzanshinbata Kita, Obanazawa-shi, Yamagata, Tokoku Prefecture (J), 2001. Prospetto e disegno di dettaglio della facciata.

Previous page. *Ginzan Bath House ‘Shirogane Yu’*. Ginzanshinbata Kita, Obanazawa-shi, Yamagata, Tokoku Prefecture (J), 2001. Elevation and detailed design of the façade.

16/ V&A Museum, Dundee (UK), 2010. Schizzo di progetto. Disegno di Kengo Kuma su carta giapponese.

V&A Museum, Dundee (UK), 2010. Design sketch by Kengo Kuma on Japanese paper.

17/ V&A Museum, Dundee (UK), 2010. Disegni di progetto. Prospetto e sezione.

V&A Museum, Dundee (UK), 2010. Design drawings. Elevation and section.

18/ V&A Museum, Dundee (UK), 2010. Render di progetto. *V&A Museum, Dundee (UK), 2010. Rendering of the design.*

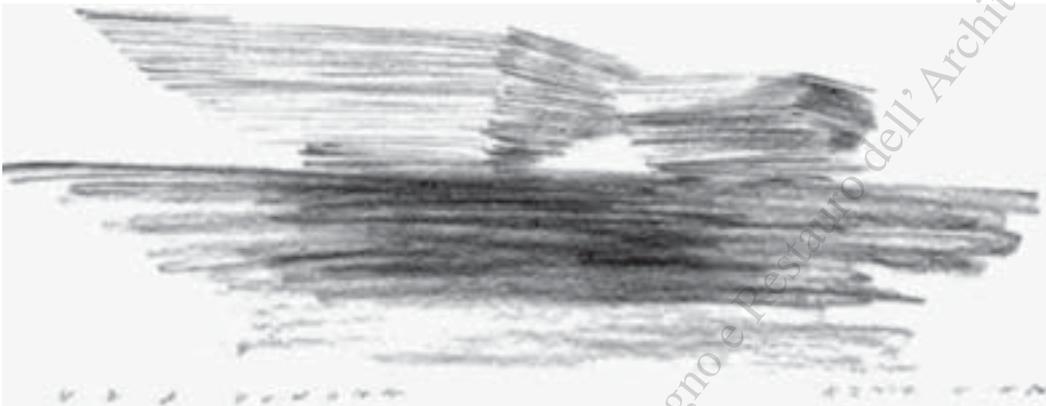
L'avversione di Kuma al calcestruzzo è netta e assoluta. Secondo un suo noto aneddoto, gli deriva dal senso di soffocamento e disagio fisico che gli aveva dato visitare, quando era ancora studente, la Azuma House di Tadao Ando²⁰. Quel disagio, che egli esprime in termini fisici e sensoriali, è contrapposto al piacere legato al ricordo della sua casa natia, una casa tradizionale giapponese in legno, “semplice e piena di spifferi”. Sono quei due ricordi

a orientarlo a utilizzare il meno possibile il calcestruzzo e a prendere le distanze dalla suddivisione anche teorico-progettuale in struttura (calcestruzzo) e materiale (finitura), per perseguire invece un nuovo/ritrovato uso dei materiali nella loro integrità²¹. Tutti i materiali (acciaio, legno, pietra, vetro, ma anche bambù, paglia, adobe, materiali plastici e ceramici, fino ai tessuti e alla carta) vengono dunque usati con valenza strutturale,

wouldn't be far wrong in thinking that this theory is confirmed by the widespread use of new Building Information Modelling software and that the role of the architect, depending on how well he/she knows how to use this software, can either be further 'downsized' or, on the contrary, 'boosted'.

Kuma's aversion for concrete is absolute and final. He jokingly says that it comes from the sense of suffocation and physical discomfort he had when as a student he visited Tadao Ando's Azuma House.²⁰ He juxtaposes his discomfort, which he expresses in physical and sensorial terms, against the pleasant memories he has of his own home, a traditional wooden Japanese house, 'simple and full of draughts'. These two diverse memories have prompted him to use concrete as little as possible and to step away from the theoretical and design division between structure (concrete) and materials (finishings) and instead pursue a new/renewed use of integrated materials.²¹

He uses all materials (steel, wood, stone, glass, but also bamboo, straw, adobe, plastic and ceramic materials, and even cloth and paper) as structural materials and, whenever necessary, hardens them with natural, bare steel elements.²² Kuma's interest in the potential of materials and building details is a key feature of his work; it radically differentiates his minimalism from that of other Japanese architects of his generation, for example Sejima and Nishizawa and their ascetic conceptual style purposely devoid of details. From the initial design drawings to the actual construction, Kuma's work is instead sensual, albeit rigorous: it is rich in texture and elegant details which, using the most diverse materials, creates a tactile, emotional and multisensorial architectural experience and masterfully modulates the perception of space, light and shadows. Kuma declares “I want to produce architecture freely without feeling constrained by specific techniques or methods... more than, and prior to defining a style, what I desire is to create a certain type of place and a certain type of condition that can be experienced by the human body. Starting out from human sensations, I want to arrive at an architecture that utilizes everything, from traditional techniques to the most advanced technology.”²³



19/ Suntory Museum of Art. Tokyo Midtown Garden side, Akasaka, Minato-ku, Tokyo, Kanto Prefecture (J), 2007. Disegno di progetto. Dettaglio esecutivo della facciata con aggiunta di schizzo a mano di Kengo Kuma.
Suntory Museum of Art. Tokyo Midtown Garden side, Akasaka, Minato-ku, Tokyo, Kanto Prefecture (J), 2007. Design drawing. Final detail of the façade plus a hand-drawn sketch by Kengo Kuma.
 20/ Suntory Museum of Art. Tokyo Midtown Garden side, Akasaka, Minato-ku, Tokyo, Kanto Prefecture (J), 2007. Veduta esterna (foto Mitsumasa Fujitsuka).

Suntory Museum of Art. Tokyo Midtown Garden side, Akasaka, Minato-ku, Tokyo, Kanto Prefecture (J), 2007. Exterior (photo Mitsumasa Fujitsuka).

1. Cfr <<http://kkaa.co.jp/works/architecture/>> [May 2015].

2. Kuma 2008.

3. Kengo Kuma. Preface. In Frampton, Kenneth 2013, pp. 11-25.

4. Putnam Robert. *Bowling Alone: the Collapse and Revival of American Community*. New York: Simon & Schuster, 2000. 541 p.

5. Kuma 2010.

6. *The Ise Sinto Shrine is an architectural complex with approximately one hundred independent shrines all linked to the Ise Shrine in the Mie Prefecture. It is divided into two main complexes: the 'outer shrine', in the village of Yamada, dedicated to the divinity Toyouke no Omikami, and the 'inner shrine', in the village of Uji, dedicated to the goddess Amaterasu Omikami. For over 1,300 years the shrines have been dismantled and rebuilt, always identically, once every twenty years; the parts which would otherwise deteriorate are replaced. However the ceremony is also important from a religious point of view because it helps to remind the faithful that everything dies and is reborn. This ceremony has been held regularly for over 1,300 years and the Ise Shrine is considered original, albeit 'reborn'.*

7. Ponciroli 2005.

8. Taut 1935, p. 52.

9. *Fusuma are 90x180 cm vertical rectangular screens with a lattice-like wooden understructure covered in cardboard and a layer of paper or cloth on both sides. Fusuma slide from side to side on wooden rails and redefine the structure of the rooms in traditional Japanese houses, or else act as doors. Fusuma are the same size as tatami, the straw mats used on the floor. Shōji are thinner sliding panels made with translucent paper. Fusuma, tatami and shōji are the basic components in traditional Japanese houses.*

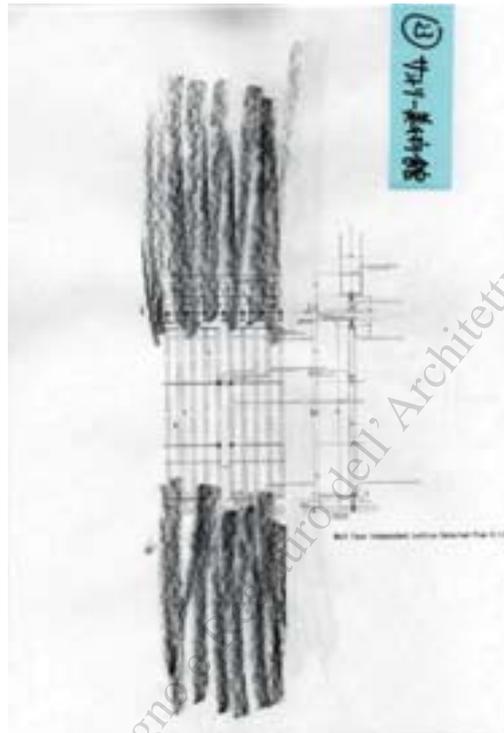
10. *Shakkei is a typical technique used in Japanese garden art that 'borrows' a landscape and incorporates it into the garden, creating vistas and visual links that in turn create the illusion that a part of the landscape is literally part of the garden itself.*

11. Iwanami Japanese Dictionary, 2000.

12. Maki 1979, p. 54

13. Arata Isozaki. *Ma - Space/Time in Japan*. In Tadashi Oshima, 2009, p. 158

14. De Rosa 2005.



ove necessario irrigiditi con elementi in acciaio, nella loro nuda naturalità²².

L'interesse di Kuma per le potenzialità dei materiali e per il dettaglio costruttivo è centrale nella sua opera, e rende il suo minimalismo completamente diverso da quello di altri architetti giapponesi della sua generazione, come ad esempio Sejima e Nishizawa, dallo stile ascetico, concettuale, volutamente privo di dettagli. L'opera di Kuma, dai primi disegni di progetto fino alla realizzazione, è invece sensuale, pur nel suo rigore: ricca di *texture*, di dettagli raffinati che, declinando in modi diversi i materiali più disparati, creano un'esperienza tattile, emozionale e multisensoriale dell'architettura, modulando la percezione degli spazi, della luce e delle ombre con grande maestria. «Voglio produrre architettura liberamente – afferma Kuma – senza sentirmi costretto da specifiche tecniche o metodi costruttivi [...] prima di definire uno stile, quello che desidero è creare un certo tipo di luogo e un certo tipo di condizioni che possono essere sperimentate dal corpo umano. A partire dalle sensazioni umane, voglio arrivare a un'architettura che utilizza qualsiasi materiale e metodo, dalle tecniche tradizionali alle più avanzate tecnologie»²³.

1. Cfr <<http://kkaa.co.jp/works/architecture/>> [maggio 2015].

2. Kuma 2008.

3. Kengo Kuma. Preface. In Frampton, Kenneth 2013, pp. 11-25.

4. Putnam Robert. *Capitale sociale e individualismo. Crisi e rinascita della cultura civica in America*. Bologna: Il Mulino, 2004. 495 p. [ed. orig. *Bowling Alone: the Collapse and Revival of American Community*. New York: Simon & Schuster, 2000. 541 p.].

5. Kuma 2010.

6. Il Santuario shintoista di Ise è un complesso architettonico costituito da circa un centinaio di santuari autonomi collocati a Ise, nella Prefettura di Mie, articolati in due complessi principali: il "santuario esterno", situato nel villaggio Yamada e dedicato alla divinità Toyouke no Omikami, e il "santuario interno", situato nel villaggio di Uji e dedicato alla dea Amaterasu Omikami. Da oltre 1.300 anni, i santuari vengono smantellati e ricostruiti sempre identici

una volta ogni vent'anni, sostituendone le parti che altrimenti si deteriorerebbero. La cerimonia conserva tuttavia un radicato significato religioso, in quanto serve a ricordare ai fedeli che tutto muore e risorge. Questa cerimonia si esegue regolarmente da oltre 1.300 anni, e il Santuario di Ise viene considerato originale, sebbene "rinato".

7. Ponciroli 2005.

8. Taut 1935, p. 52.

9. I *fusuma* sono pannelli verticali rettangolari di 90x180 cm, costituiti da una struttura in legno a reticolato ricoperta da cartone e da uno strato di carta o tessuto su entrambi i lati. Scorrendo su binari, i *fusuma* ridefiniscono la struttura delle stanze della casa tradizionale giapponese, oppure fungono da porte. I *fusuma* hanno la stessa dimensione dei *tatami*, le stuoie in paglia usate per ricoprire il pavimento. Gli *shôji* sono dei pannelli divisorii scorrevoli più sottili, in carta traslucida. *Fusuma*, *tatami* e *shôji* sono i componenti essenziali della casa giapponese tradizionale.

10. Lo *shakkei* è una tecnica tipica dell'arte giapponese dei giardini, che "prende a prestito" un paesaggio, inglobandolo nel giardino, realizzando scorci e collegamenti visivi che danno l'illusione che una certa parte del paesaggio sia letteralmente parte del giardino stesso.

11. Iwanami Japanese Dictionary, 2000 (tr. dell'autore).

12. Maki 1979, p. 54.

13. Arata Isozaki. *Ma - Space/Time in Japan*. In Tadashi Oshima, 2009, p. 158 (tr. dell'autore).

14. De Rosa 2005.

15. «*Particlizing*» è un intraducibile neologismo dello stesso Kuma, che sta a indicare la procedura da lui seguita nello scomporre i prospetti in singole componenti discrete, caratterizzate da ben definiti requisiti materici e dimensionali.

16. Lynn 1997, p. 46.

17. Bognar 2009, p. 29.

18. Si rimanda ai volumi di Schumacher, partner di Zaha Hadid Architects: Schumacher Patrick. *The Autopoiesis of Architecture. Volume 1. A New Framework for Architecture*. New York: John Wiley & Sons, 2010. 478 p.; Id. *The Autopoiesis of Architecture. Volume 2. A New Agenda for Architecture*. New York: John Wiley & Sons, New York, 2012. 784 p.

19. Kuma 2004, p. 60.

20. Ivi, p. 6.

21. «Il metodo chiamato calcestruzzo è fondamentalmente uno stile che finisce con lo sminuire il materiale, o meglio, la sostanza stessa, e porta a realizzare solo una pelle dello spessore di circa 20 mm, una rivestimento di finitura attaccata sulla superficie del calcestruzzo [...]. Il materiale non è una finitura [...]. Perciò, io penso che il termine "materiale strutturale", che ho coniato, è particolarmente ben scelto»; Kuma 2004, p. 9.

22. Talvolta i materiali sono sottoposti a trattamenti ad alta tecnologia che, pur alterandone le qualità chimico-fisiche (ad esempio la resistenza al fuoco), ne lasciano inalterate le qualità percepite.

23. Alini 2005, p. 28.

15. "*Particlizing*" is a neologism coined by Kuma. It indicates the procedure he uses to break down the façades into single discreet components characterised by well-defined material and dimensional features.

16. Lynn 1997, p. 46

17. Bognar 2009, p. 29.

18. See the books by Schumacher, partner in Zaha Hadid Architects: Schumacher Patrick. *The Autopoiesis of Architecture. Volume 1. A New Framework for Architecture*. New York: John Wiley & Sons, 2010. 478 p.; Id. *The Autopoiesis of Architecture. Volume 2. A New Agenda for Architecture*. New York: John Wiley & Sons, New York, 2012. 784 p.

19. Kuma 2004, p. 60.

20. Ivi, p. 6.

21. "The 'method called concrete' is basically a style that goes all the way in disregarding the material or, to be more accurate, the substance itself; it is only a skin with a thickness of about 20 mm, a finish attached onto the concrete surface. [...] Material is not a finish. [...] Therefore, I think that the term 'Material Structure', which I coined, is well chosen". Kuma 2004, p. 9.

22. Sometimes the materials undergo hi-tech treatments which, although they alter their chemical and physical qualities (e.g. fire resistance), leave their perceived qualities unaltered.

23. Alini 2005, p. 28.

References

- Alini Luigi. 2005. *Kengo Kuma. Opere e progetti*. Milano: Electa, 2005. 256 p. ISBN: 978-88-370-362-4.
- Alini Luigi / Kuma Kengo (a cura di). 2007. *Kengo Kuma. Exhibition*. Siracusa: LetteraVentidue Edizioni, 2007. 84 p. ISBN: 978-88-6242-001-3.
- Bognar Boton. 2005. *Kengo Kuma. Selected Works*. New York: Princeton Architectural Press, 2005. 192 p. ISBN: 978-15-6898-459-9.
- Bognar Boton. 2009. *Material Immaterial. The new work of Kengo Kuma*. New York: Princeton Architectural Press, 2009. 256 p. ISBN: 978-15-6898-779-8.
- De Rosa Agostino. 2005. *Orienti e occidenti della rappresentazione*. Padova: Il poligrafo, 2005. 344 p. ISBN: 88-7115-446-0.
- Frampton Kenneth. 2013. *Kengo Kuma, Complete Works*. London: Thames & Hudson, 2013. 319 p. ISBN: 978-05-0034-283-1.
- Iwanami Kokugo Jiten (Iwanami Japanese Dictionary). Tokyo: Iwanami Shoten, 2000. ISBN: 978-40-0080-009-9.
- Kuma Kengo. 2004. *Materials, Structures, Details*. Basel: Birkhäuser, 2004. 136 p. ISBN: 978-37-6437-122-7.
- Kuma Kengo. 2008. *Anti-Object*. London: Architectural Association, 2008. 152 p. ISBN: 978-19-0290-252-4.
- Kuma Kengo. 2010. *Kyokai: A Japanese Technique for Articulating Space*. Tokyo: Tankosha, 2010. 140 p. ISBN: 978-44-7303-645-2.
- Lynn Gregg. 1997. Pointillism. *Space Design*, 11, 1997, pp. 46-51.
- Maki Fumihiko. 1979. Japanese City Spaces and the Concept of oku. *Japan Architect*, 265, 1979, pp. 51-62.
- Ponciroli Virginia. *Katsura, la Villa Imperiale*. Milano: Electa, 2005. 396 p. ISBN: 978-88-3702-129-0.
- Tadashi Oshima Ken. 2009. *Arata Isozaki*. London: Phaidon, 2009. 272 p. ISBN: 978-07-1484-535-7.
- Taut Bruno. 1935. Architecture nouvelle au Japon. *L'Architecture d'aujourd'hui*, 4, 1935, pp. 46-83.

Fabrizio Ivan Apollonio, Paolo Clini, Marco Gaiani, Annalisa Perissa Torrini

La terza dimensione dell'Uomo vitruviano di Leonardo The third dimension of Leonardo's Vitruvian Man

This paper illustrates a new method used to portray and view the most famous drawing in the world: The Vitruvian Man by Leonardo da Vinci. A successful workflow of acquisition, processing, visualisation and 3D digital fruition of the paper support aimed at enhancing perceptive realism and achieve a visual detail of a hundredth of a millimetre. The system highlights details of the drawing and specific features that would otherwise be invisible to the naked eye. The workflow developed by the authors is a rapid definition model of digital drawing models intended to be used in new studies as well as provide spectacular ways in which they can be enjoyed, communicated and disseminated.

Key words: Leonardo da Vinci, The Vitruvian Man, drawing digitisation, colour management, 3D modeling, graphic analysis, real-time rendering, camera characterisation, image quality evaluation.

The drawing by Leonardo da Vinci entitled The Proportions of the Human Figure, better known as The Vitruvian Man, is undoubtedly one of the most famous and widely studied drawings that exists (figs. 1-2).¹ It is a difficult and complex composition revealing Leonardo's expert execution, emphasised by the use of a silver point. Just think of how he drew the circle, undoubtedly the feature that attracts the most attention. Contrary to what we may think, Leonardo didn't use his forearm or a compass to draw the circle: he used the compass only to make a groove and then traced over it with a metalpoint dipped in ink. He drew the circle freehand by tracing arcs no bigger than 30° along the groove. Although invisible when observed as a whole, they are noticeable when the image is enlarged.

This paper presents the solution we adopted so that a digital recomposition of Leonardo's drawing could be used as a three-dimensional photorealistic copy. Based on previous experiences,² our goal was to provide one answer to two different but complementary issues: first, the establishment of drawing archives accurately describing the information contained in the original analogical physical system, and secondly, the methods used in the acquisition and 3D restitution of the drawings. In other words the systems and techniques used to reproduce and analytically display in perceptive form the three-dimensional nature of the drawing, making it possible to visually

Lo scritto illustra una nuova metodica di descrizione e visione del disegno più famoso al mondo, l'Uomo vitruviano di Leonardo da Vinci: una efficace filiera di acquisizione, elaborazione, visualizzazione e fruizione digitale 3D del supporto cartaceo tesa ad esaltare il realismo della percezione raggiungendo un dettaglio visivo del centesimo di millimetro. Si tratta di un sistema che quindi è in grado di mettere in luce sul disegno dettagli e particolari non rintracciabili a una sua ispezione diretta. Il workflow sviluppato va a definire complessivamente un modello di definizione speditiva di modelli digitali di disegni finalizzati a nuovi studi e spettacolari modalità di loro fruizione, comunicazione e divulgazione.

Parole chiave: Leonardo da Vinci, Uomo vitruviano, digitalizzazione di disegni, gestione del colore, modellazione 3D, analisi grafica, rendering in tempo reale, caratterizzazione della macchina fotografica, valutazione della qualità delle immagini.

Il disegno di Leonardo da Vinci *Studio di proporzioni del corpo umano*, noto come Uomo vitruviano, è certamente uno dei disegni più noti e studiati¹ (figg. 1-2). Si tratta di una composizione complessa e difficile risulta la piena comprensione della perizia utilizzata da Leonardo nella realizzazione del disegno, enfatizzata dall'uso della punta d'argento. Si pensi solo al modo con cui è realizzato il cerchio, certamente uno dei segni che maggiormente attraggono l'attenzione. Contrariamente a quello che potremmo pensare, non si tratta di un tracciato unico realizzato utilizzando l'avambraccio oppure ottenuto con il compasso: quest'ultimo è utilizzato solo per realizzare un solco di base su cui Leonardo va ad appoggiare la punta metallica intinta nell'inchiostro; il cerchio è così realizza-

to disegnando sul solco, a mano libera, segni lunghi non più di un arco sotteso a 30 gradi, invisibili nell'insieme, ma chiaramente distinguibili nel dettaglio ingrandito.

Questo contributo illustra la soluzione sviluppata per il disegno di Leonardo per consentire la fruizione di una ricomposizione del disegno stesso in forma digitale in quanto replica fotorealistica tridimensionale. Partendo da esperienze precedenti², ci si è proposti di fornire una risposta unitaria a due questioni distinte e complementari: la prima è quella della costituzione di archivi di disegni che descrivano fedelmente le informazioni del sistema fisico analogico originale e la seconda è relativa ai metodi per l'acquisizione e la restituzione tridimensionale dei disegni, cioè quei si-

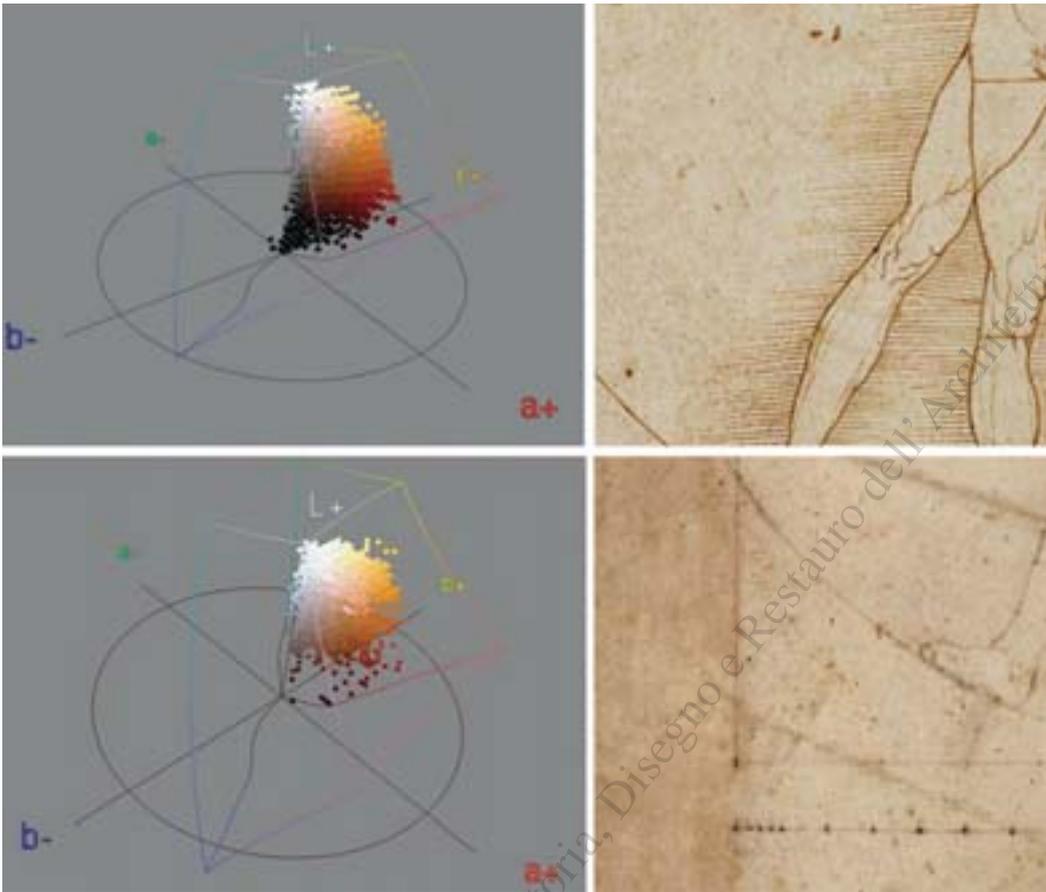


1/ 2/ *Pagina precedente*. Leonardo da Vinci, Studio di proporzioni del corpo umano, detto Uomo vitruviano, recto (a sinistra) e verso (a destra). Immagine acquisita di 8.000x13.000 px, corrispondente a una dimensione area campionata di 263,5x427,25 mm.

Previous page. *Leonardo da Vinci, Study of the proportions of the human body, known as The Vitruvian Man, recto (left) and verso (right)*. Acquired image of 8,000x13,000 px, corresponding to a sample size of 263.5x427.25 mm.

3/ Diagrammi dello spazio colorimetrico Lab (sx) che rappresentano i colori di recto e verso del disegno di Leonardo (dx).

Diagrams of the colorimetric space Lab (left) representing the colours of the recto and verso of Leonardo's drawing (right).



stemi e di quelle tecniche che permettono di riprodurre e mostrare analiticamente in forma percettiva la tridimensionalità del segno grafico al fine di permettere una valutazione visiva dello stato di conservazione del disegno, delle sedimentazioni sovrainposte e degli interventi ricevuti nel tempo.

La trasposizione digitale del disegno di Leonardo è stata realizzata tramite l'acquisizione del disegno, utilizzando una camera RGB e una fonte di luce, e la sua visualizzazione, renderizzandolo come immagine di computer grafica sotto ogni condizione d'illuminazione e osservazione (fig. 4). Ciò comporta la necessità di fornire risposta a due problematiche differenti e complementari:

- un'acquisizione del segnale digitale il più possibile esente da impurità e priva di post-elaborazioni;
- una riproduzione fedele dei colori e delle proprietà di riflettanza della superficie rileva-

ta. Mentre la ricerca odierna mira a ottenere solo la più alta fedeltà possibile del colore solo nella componente di riflettanza diffusa omettendo quella speculare, nei disegni è necessario valutare anche questa componente dovuta, nel nostro caso, all'inchiostro³.

Per ottenere la qualità richiesta dell'immagine ci si è appoggiati al concetto di "Predictive Rendering"⁴, una sorta di estensione della fotografia data dalla generazione di immagini di sintesi digitali corrette, sia percettivamente, sia fisicamente. L'applicazione di questo framework al nostro caso di studio ha comportato la messa a punto di nuove tecniche e metodi nei settori della creazione di *shaders* e del miglioramento della qualità del *real-time rendering* (RTR), della fedeltà della riproduzione del colore entro un visualizzatore OpenGL⁵ e di un sistema di consultazione mediante un monitor ad alta definizione e di interazione *touch* particolarmente idoneo a un uten-

evaluate its state of conservation as well as superimposed sediments and interventions performed on the drawing over the years. Leonardo's drawing was digitally transposed after acquisition and visualisation of the drawing using a RGB camera and a light source. It was then rendered as a computer graphic under every possible lighting and observation condition (fig. 4). This involved finding solutions to two different but complementary problems:

- *acquisition of the purest possible digital signal and without post-processing;*
- *accurate reproduction of the colours and reflectance properties of the surveyed surface.*

Current research focuses exclusively on obtaining the most accurate possible colour only in the diffuse reflectance component, ignoring the specular component. Instead, when dealing with drawings it's important to also evaluate the latter component which, in this case, involves the ink.³

*To obtain the required quality we exploited the 'Predictive Rendering' concept,⁴ a sort of extension of the photograph created by generating images of perceptively and physically correct digital syntheses. Applying this framework to our case study involved developing new techniques and methods as regards the creation of *shaders*, improvement of the quality of real-time rendering (RTR), accurate colour reproduction displayed by a OpenGL viewer,⁵ as well as a high definition screen and touch interaction consultation system, suited to a non-expert user and based on the gestures we perform when we use a smartphone.⁶*

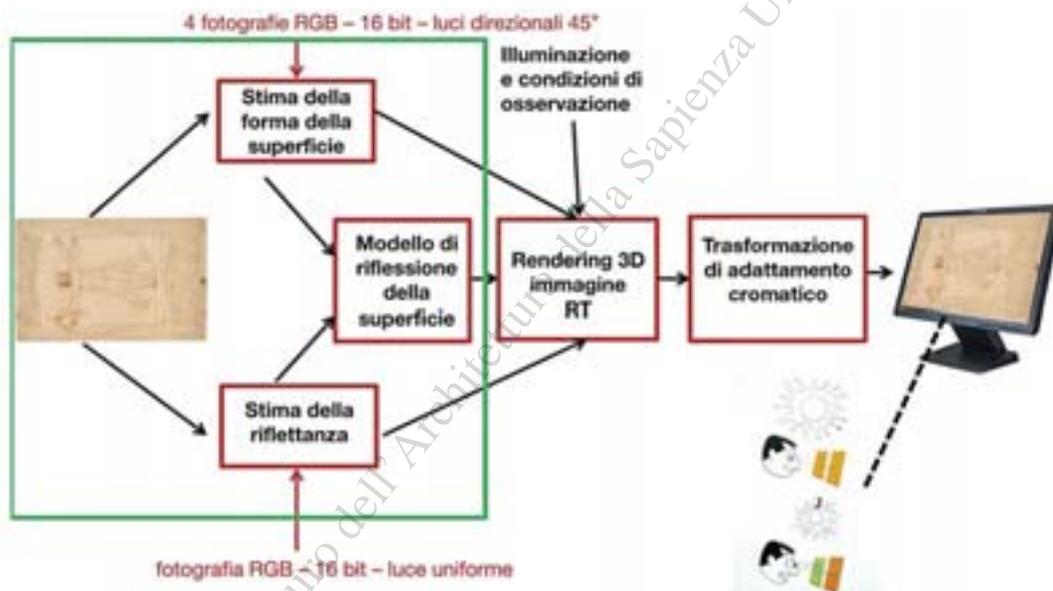
Careful attention was also dedicated to another classic problem: evaluating how much drawings deteriorate when exposed to a light source during shooting. We systematically analysed the quality of the images during the workflow using mathematical models calibrated according to the final output.

The drawing: brief notes

The drawing has been housed in the Cabinet of Drawings and Prints in the Gallerie dell'Accademia in Venice since 1822 when, thanks to mediation by Abbot Luigi Celotti, it was purchased by the Austrian Government together with Giuseppe Bossi's entire graphic collection.

4/ La procedura di acquisizione, elaborazione e visualizzazione di disegni in forma 3D.
The procedure used to acquire, elaborate and visualise drawings in a 3D format.

While Leonardo was in Milan, around the year 1490, he studied the proportions of the human figure; only afterwards did he add the text following the curve of the circumference in the upper part of the sheet. In fact, it's only at the beginning of this second period that Leonardo refers directly to Vitruvius when he mentions anthropomorphic measurements rather than the theories cited in the Latin source regarding the geometric figures of homo ad quadratum and ad circulum, theories which would, however, have been relevant to the image in the circle and square framed by Leonardo's text. Leonardo was not familiar with all Vitruvius' works and the reference he makes is simply a generic citation rather than the transcription of a specific excerpt. In fact the reference reflects his unique ideas regarding the search for Vitruvius' homo bene figuratus, i.e., for perfect proportions. In fact he does not use a pre-established unit of measurement, for example the length of the head used by Vitruvius. Instead he chooses to use the length of the face as his reference 'module', a decision he explains in sheet 12304r currently kept in Windsor: "The space from above the throat to its base below, [...] is half the length of the face: and the eighteenth part of a man's height". Leonardo also specifies on this sheet and on sheet n. 19058v, also in Windsor, that the surface of the face is tripartite: "And each of these cavities is as deep as the third part of a man's face, that is from the chin to the hair", in other words the four cavities of the facial muscle (eye socket, cheekbone, nose and mouth). In Vitruvius' anthropomorphic canon, proportions are defined in tenths corresponding to the ratio with the number considered perfect – ten – the telos of Plato's philosophy in *Timaeus*. Leonardo develops a measurement system very similar to that canon, even if he chooses a smaller unit to measure the foot, i.e., a seventh of the total length of the body instead of a sixth. Furthermore, the total height would be ten times the face (and not the head), while for Vitruvius it would be eight heads. As a result, the canon does not correspond perfectly. As demonstrated by Paola Salvi, the measurements of the whole figure of the so-called Vitruvian Man are instead based on the *Tabulae dimensionum hominis* in Leon Battista Alberti's *De Statua*, datable to approximately



te non esperto, basato sulla stessa gestualità di utilizzo degli *smartphone*⁶. Rilevante attenzione, inoltre, è stata data a tipiche problematiche come la valutazione dell'entità del degrado dei disegni sottoposti a una fonte luminosa durante la ripresa, ed è stata introdotta un'analisi sistematica della qualità delle immagini durante il *workflow*, servendosi di modelli matematici in funzione della resa finale.

Il disegno: brevi note

Il disegno è conservato nel Gabinetto dei Disegni e Stampe delle Gallerie dell'Accademia di Venezia dal 1822, quando viene acquistato dal Governo Austriaco tramite l'intercessione dell'abate Luigi Celotti, insieme con tutta la collezione grafica di Giuseppe Bossi. Il testo sulla parte superiore del foglio, che segue la forma della circonferenza, è stato aggiunto da Leonardo in un momento successivo al periodo in cui a Milano, intorno al 1490, studia le proporzioni del corpo umano. È solo all'inizio di questo secondo momento di riflessione che Leonardo chiama direttamente in causa Vitruvio. E lo fa riferendosi alle misure antropomorfe, e non a quanto la fonte latina teorizza sulle figure geometriche dell'*homo ad quadratum* e *ad circulum*, che sarebbe stato comunque pertinente all'immagine inserita nel cerchio e nel quadrato che il testo leonardiano incornicia. Il riferimento a

Vitruvio è una citazione generica di un autore che Leonardo non conosce direttamente nella sua interezza; ben lungi, quindi, dall'essere una trascrizione di un passo specifico del trattato, il testo leonardiano è un'espressione originale del suo pensiero, tuttavia alla ricerca dell'*homo bene figuratus* di vitruviana memoria, cioè di proporzioni perfette. Non assume, infatti, un'unità di misura prefissata, quale la lunghezza della testa nel caso di Vitruvio, ma sceglie di servirsi, come "modulo" di riferimento, della lunghezza del volto, secondo quanto, del resto, afferma anche nel foglio di Windsor 12304r: «Lo spazio ch'è dal di sopra della gola al principio di sotto, [...], fia la metà del volto: è la disottesima parte dell'omo». A sua volta la superficie del volto è tripartita, come Leonardo stesso scrive sia in questo foglio sia in un altro di Windsor, il 19058v: «ciascuna d'essa vacuità ha tanto di profondità quant'è la terza parte del volto dell'omo, cioè dal mento a' capegli», cioè le quattro cavità del massiccio facciale (orbita, seno mascellare, cavità nasali e orale). Nel canone antropometrico vitruviano le proporzioni sono definite in decimi, corrispondenti al rapporto con il numero considerato perfetto, il 10, *teleos* del pensiero platonico nel *Timeo*. Leonardo arriva a un sistema di misure che coincide in gran parte con quel canone, anche se per misurare il piede sceglie una dimensione più piccola, cioè un settimo della lunghez-

za totale del corpo, anziché un sesto; e ancora, l'altezza totale sarebbe pari a dieci volte il suo volto (non la testa), mentre per Vitruvio sarebbe di otto teste. Il canone, pertanto, non corrisponde esattamente.

Le misure dell'intera figura del cosiddetto Uomo vitruviano utilizzano, invece, come ha dimostrato Paola Salvi, le *Tabulae dimensionum hominis* del *De Statua* di Leon Battista Alberti, databile al 1435 circa, e ne ripropongono fedelmente i rapporti proporzionali⁷. La più importante revisione di Leonardo, rispetto ad Alberti ma anche a Vitruvio, rimane la suddivisione in piedi dell'altezza dell'uomo in 1/7: «Il pié fia la settima parte dell'omo», invece di 1/6.

Tecniche e metodi dall'acquisizione alla restituzione

La nostra filiera dall'acquisizione alla visualizzazione, al fine di ottenere un'approssimazione dell'illuminazione originale, sia in termini di riflettanza diffusa sia di quella speculare, si pone l'obiettivo di ottenere il *rendering* di un modello digitale indirizzando due fattori: il primo è che la composizione spettrale della luce deve essere fatta corrispondere alla luce reale; il secondo è che la distribuzione di questa luce – cioè il percorso che essa descrive nella scena e le riflessioni e interreflessioni che avvengono – deve emulare il comportamento della luce nel reale. In natura, le interazioni tra luci e oggetti sono complesse: le superfici lucide presentano sovrailluminazioni, quelle ruvide presentano *texture*. Si tratta di fenomeni fondamentali da modellare nel nostro caso. Basti pensare che una rappresentazione approssimata, ma che mostra la rugosità della carta, risulta all'occhio percettivamente più fedele di una con maggiore fedeltà del colore, ma priva delle inter-riflessioni date dalla micrograna della carta.

Nel nostro caso il ritrovamento della corretta riflettanza passa attraverso il notare come le quantità fondamentali da acquisire e restituire ai fini di una simulazione percettivamente fedele siano l'albedo e le riflessioni speculari. L'albedo di una superficie è una misura della sua riflettività diffusa codificabile correttamente tramite le componenti di riflessione diffusa e la mesostruttura di cui le superfici sono solitamente dotate⁸.

Il metodo da noi sviluppato si propone quindi essenzialmente due obiettivi:

a. una corretta ricostruzione e visualizzazione dell'albedo servendosi di un'acquisizione a tre canali RGB e di tecniche di definizione di tono del colore e cromatismo atte a superare alcuni dei limiti del rendering tricromatico proprio del RTR di cui al paragrafo seguente;

b. una corretta modellazione della mesostruttura della superficie.

Quest'ultima è stata ottenuta tramite l'utilizzo di tecniche semplificate di *Bidirectional Texture Function* (BTF), una funzione a sette dimensioni che estende le comuni *texture*, introducendo le relazioni con il sistema di illuminazione e i punti di vista⁹ che nella formulazione originaria richiede l'acquisizione di migliaia d'immagini concernenti le molteplici combinazioni di situazioni d'illuminazione e punti di vista: un lavoro impegnativo che richiede strumentazioni complesse e costose, tempi lunghi, operatori professionali, producendo una mole notevole di dati.

La mesostruttura è stata quindi descritta tramite metodi *multitexture*¹⁰ a quattro mappe (albedo, normali, profondità, mappa speculare) e introducendo il tipico effetto Fresnel (fig. 5). Ciò permette un processo di acquisizione semplificato e un ancor più semplice algoritmo di *rendering*, calcolabile in *real-time* sulle GPU. La sola ipotesi introdotta è quella di materiale campionato isotropico e con caratterizzazioni formali solo di piccola scala, condizione certamente vera per i disegni.

La sua implementazione è stata realizzata scrivendo uno specifico *shader* i cui parametri sono definiti a partire da un set di cinque immagini RGB riprese mantenendo fissa la posizione della camera, posta perpendicolarmente alla superficie del disegno, e variando le condizioni di orientamento dell'illuminazione. Queste servono anche per stimare la normale alla superficie sulla base della componente diffusa, con una procedura basata su tecniche stereofotometriche. In particolare è stato sviluppato un metodo a partire da quello riportato da Coleman e Jain¹¹ che utilizza quattro immagini con illuminazione costante da quattro direzioni fra loro circa ortogonali (fig. 6). L'innovazione rispetto alla formulazione originaria consiste essenzialmente in una

1435: in fact, they accurately propose the proportional ratios.⁷ Compared to Alberti and Vitruvius, the most important revision performed by Leonardo was to divide the height of the upright man into 1/7 instead of 1/6: "The foot is the seventh part of the man".

Techniques and method, from acquisition to restitution

In order to obtain an approximation of the original illumination, both in terms of diffuse and specular reflectance, our goal from the moment of acquisition to visualisation was to create the rendering of a digital model taking two factors into account: the spectral composition of the light had to correspond to real light; the distribution of this light – i.e., its path in the scene and the ensuing reflections and interreflections – had to emulate the real behaviour of light.

In nature interactions between light and objects are complex: shiny surfaces are over-illuminated while rough surfaces are textured. In this project we needed to reproduce these fundamental phenomena. Remember that an approximated representation showing the rough surface of the paper appears perceptively more accurate than one with more accurate colours, but without the interreflections created by the micro-grain of the paper.

In this case, to establish correct reflectance we had to remember that albedo and specular reflections are the basic quantities we needed to acquire and process in order to create a perceptively accurate simulation.

The albedo of a surface is the measurement of its diffuse reflectivity correctly classifiable using components of diffuse reflection and the mesostructure normally found on surfaces.⁸

Our method basically had two objectives:

a. correct reconstruction and visualisation of the albedo using a three channel RGB acquisition and techniques to define the colour tone and chromatism; these techniques enabled us to overcome the trichromatic rendering of the RTR discussed in the next paragraph;

b. correct modelling of the mesostructure of the surface.

The latter was achieved using simplified Bidirectional Texture Function (BTF) techniques, a seven-dimensional function that extends common textures by introducing

5/ Mappe di ricostruzione della mesostruttura della superficie: albedo, normali, profondità, mappa speculare.
Maps recreating the mesostructure of the surface: albedo, normal, depth and specular map.

6/ Mappa delle normali ottenuta da 4 immagini con illuminazione costante da quattro direzioni fra loro ortogonali: nord, est, sud, ovest.

Map of the normals obtained from 4 images using uniform lighting from four orthogonal directions: north, east, south and west.

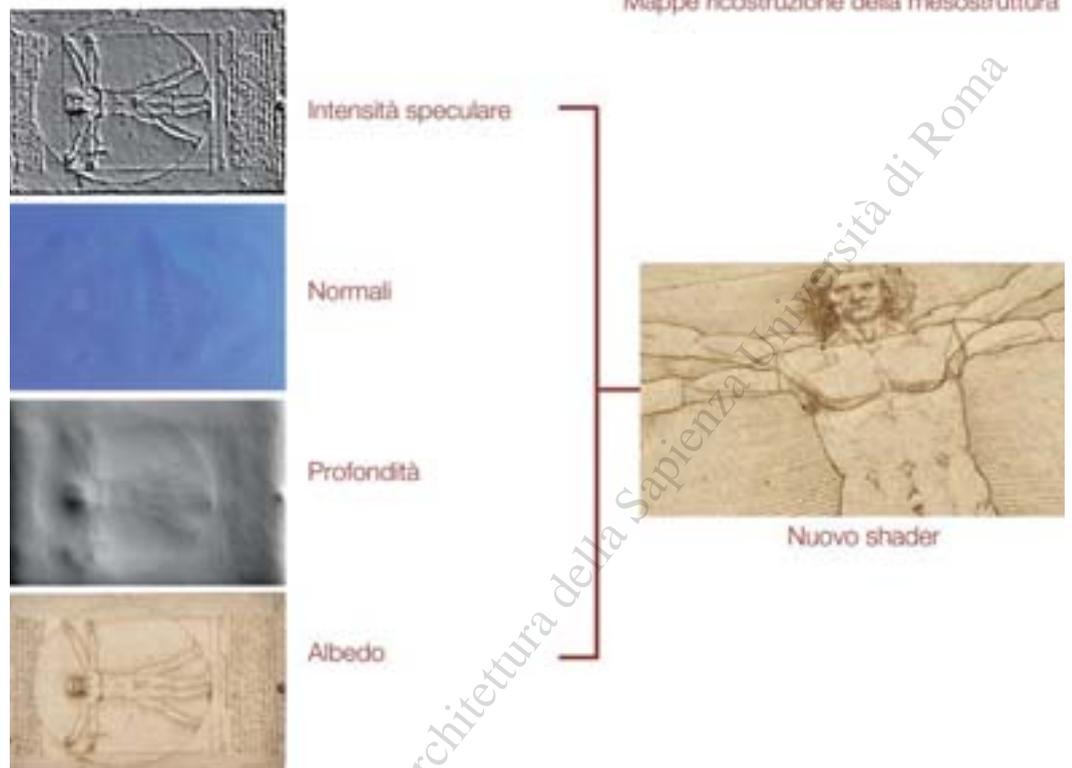
relationships with the lighting system and the viewpoints⁹ that in the original formulation requires the acquisition of thousands of images of the multiple combinations of lighting situations and viewpoints: although this very demanding task requires complex and costly instruments, professional operators and a lot of time, it produces extensive data.

The mesostructure was portrayed using multitexture, four-map methods¹⁰ (albedo, normal, depth, specular map) and by introducing the typical Fresnel effect (fig. 5). This simplifies the acquisition process and provides an even simpler rendering algorithm that can be calculated in real time on the GPU. The only hypothesis we introduced was an isotropic sample material with small-scale formal characteristics, undoubtedly a real condition for drawings.

Implementation was achieved by writing a specific shader; its parameters were defined based on a set of five RGB images shot while maintaining the camera in a fixed position, perpendicular to the surface of the drawing, and varying the direction of the lighting. The images were also used to estimate the normal at the surface according to the diffuse component; this was achieved using a procedure based on stereophotometric techniques. In particular, we developed a method based on the one reported by Coleman and Jain¹¹ who used four images with constant lighting from four roughly orthogonal directions (fig. 6). The novelty, compared to the original formula, basically involved an alteration in order to obtain textures in the tangent space. From a practical point of view, the images were obtained by switching the banks on and off; these banks were also used in the acquisition of the albedo map.

Acquisition of the colour maps and characterisation of the resolution of the reproduction

Acquisition of the colour maps was based on a workflow developed during several projects performed in the last ten years. The latest version was successfully tested on several drawings housed in the Cabinet of Prints in the Uffizi in Florence, including one of Leonardo's drawings¹² (fig. 7). Since the methods,



modifica per avere le *texture* nello spazio tangente. Da un punto di vista pratico le immagini sono ottenute accendendo e spegnendo gli illuminatori utilizzati anche per l'acquisizione della mappa dell'albedo.

L'acquisizione delle mappe di colore e caratterizzazione della risoluzione di riproduzione

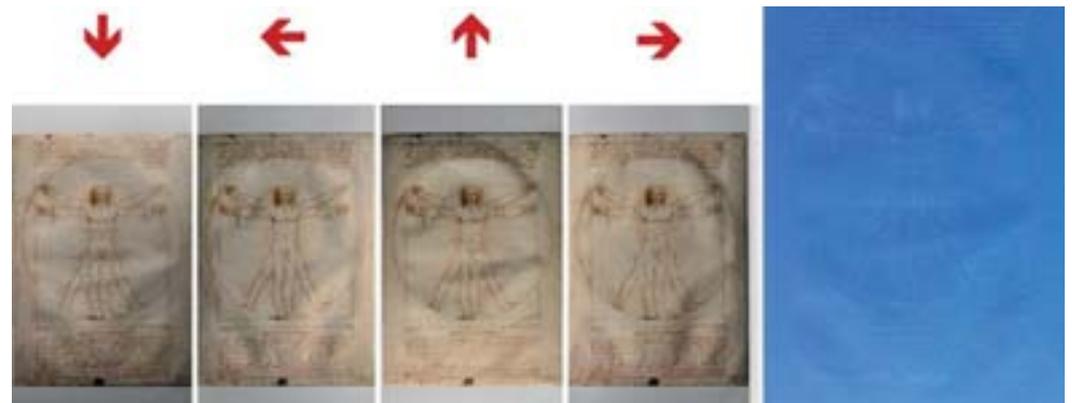
Per l'acquisizione delle mappe di colore si è seguito un *workflow* sviluppato nel corso di una serie di progetti condotti in un decennio, e la cui ultima versione è stata sperimentata con successo su una serie di disegni conservati presso il Gabinetto e Stampe degli Uffizi a Firenze, tra cui un disegno di Leonardo¹² (fig. 7). In esso metodi, standard e pratiche operative sono completamente *device independent*, e per questa ragione la scelta degli strumenti non è, entro certi limiti, fondamentale. Limitate osservazioni riguardano:

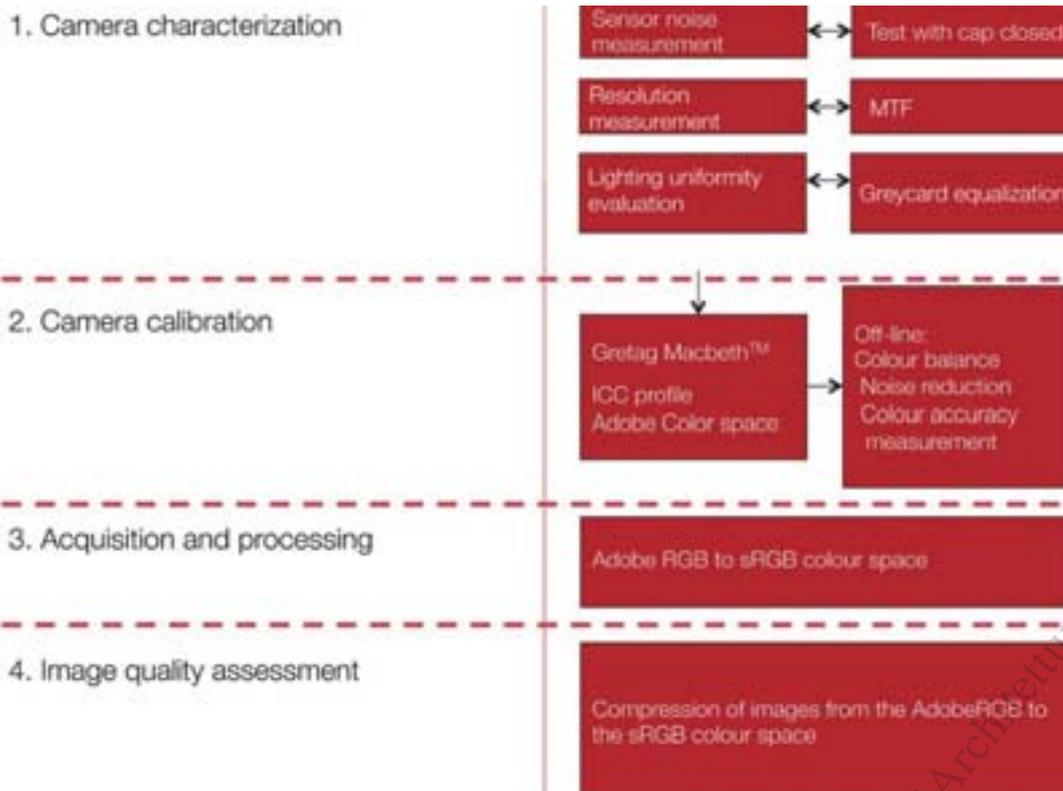
a. il problema della scelta tra dorso digitale o macchina con sensore a pattern di Bayer. È

stato dimostrato che dorsi a scansione con sensore trilineare sono più efficienti di una Reflex in quanto l'immagine contiene dati-pixel rossi, verdi e blu in ogni posizione spaziale, mentre su un sensore a Bayer pattern due terzi dell'immagine sono interpolati da un'unica matrice di pixel rossi, verdi e blu. Inoltre CCD trilineari da 8.000 pixel hanno una risoluzione limite di 55 lp/mm al 60% di contrasto, molto superiore a quella di ogni sensore a Bayer pattern;

b. la valutazione dei massimi livelli di illuminazione ammissibili per non danneggiare il disegno. L'entità del degrado di un disegno dipende fortemente dai tempi di esposizione alla sorgente luminosa e dalla sua intensità (Norma UNI 10829/1999). Per questa ragione è possibile utilizzare solo luce continua HMI o fluorescente;

c. la corretta visualizzazione del colore su un monitor implica non solo la calibrazione del monitor, ma anche un *trade-off* tra il corretto spazio colore dell'immagine e quello del monitor.





7/ La procedura per la caratterizzazione e calibrazione del sistema per assicurare le caratteristiche di risoluzione e fedeltà di riproduzione del colore minime.
The procedure used to characterise and calibrate the system in order to ensure the right resolution and faithfully reproduce the minimum colour.

Per quanto riguarda gli *output* un primo problema affrontato è stato quello della determinazione della risoluzione appropriata alla quale acquisire le immagini, al fine di garantire l'acquisizione di tutti i dettagli significativi presenti nel documento originale, essendo il tratto di Leonardo particolarmente oneroso rispetto a questo parametro.

Essa è stata definita prioritariamente tramite un'analisi empirica "ad hoc" servendosi di un contafile ottico graduato e di analisi precedenti degli scriventi su altri disegni di Leonardo che hanno mostrato segni al minimo di 90 μm di spessore. Seguendo il teorema di Shannon-Nyquist la risoluzione necessaria per rappresentare fedelmente le caratteristiche strutturali è almeno il doppio dell'inverso dell'ampiezza del dettaglio più fine, cioè, nel nostro caso, almeno di 565 dpi effettivi. Si noti come per il formato del disegno essa corrisponda a una risoluzione minima di 8.000x5.500 pixel al netto dei bordi, ampiamente assicurabile da un dorso digitale di ultima generazione senza dover ricorrere a tecniche di mosaicatura. Nel nostro caso è stato utilizzato un Rencay Superfineart dotato di sensore trilineare CCD Kodak 8000 dalla risoluzione massima di 26.000x16.000 pixel montato su una macchina fotografica Linhof Technika IV 4"x5" dotata di obiettivo Schneider Kreuznach Digital Apo 180mm f 5,6. Inoltre sono stati necessari la predisposizione di un set di lavoro su un solaio sufficientemente stabile e l'utilizzo di un idoneo stativo, per evitare un decadimento del contrasto a causa delle vibrazioni indotte dagli occupanti la sala di ripresa.

Una seconda problematica ha riguardato il mantenimento della fedeltà del colore che è stata ottenuta tramite una procedura di caratterizzazione e calibrazione del sensore e un'illuminazione controllata assicurata da 4 illuminatori Lunarea a luce fluorescente continua, dalla temperatura di esercizio di soli 22°C e quindi capaci di non danneggiare il disegno, essendo stata l'esposizione durante la ripresa, equivalente a 900 lux•ora/anno, cioè meno di 3 giorni di esposizione al pubblico. Per assicurare le caratteristiche di risoluzione e fedeltà di riproduzione del colore minime si è utilizzata una procedura organizzata in quattro passaggi per la caratterizzazione e calibrazione del sistema in cui si è prestata attenzione al compromesso tra qualità dell'immagine e facilità d'uso delle tecniche:

1. valutazione del rumore della macchina fotografica e sua attenuazione;
2. caratterizzazione della risoluzione;
3. scelta dello spazio colore e della profondità del colore in bit;
4. bilanciamento del colore.

In tale *workflow* la misurazione del dettaglio e della sua conservazione è realizzata a differenti frequenze spaziali tramite la misura della funzione di trasferimento di frequenza (MTF). Il vantaggio di lavorare nel campo della frequenza consiste nel fatto che il responso dell'intero sistema (o gruppo di componenti) può essere calcolato moltiplicando i responsi d'ogni componente, per cui la risoluzione è la risultante di:

- frequenza di campionamento, dimensione del sensore, numero di pixel;

standards and operative practices in the workflow are device independent, the choice of tools is not, within limits, so important. However we should emphasise the following:

- a. *the need to choose between a digital back and a camera with a Bayer-pattern sensor. Scanning backs with a trilinear sensor have been shown to be more efficient than a Reflex because the image contains red, green and blue data-pixels in every spatial position, while on a Bayer-pattern sensor two-thirds of the image is interpolated by a single matrix of red, green and blue pixels. In addition, trilinear CCD with 8,000 pixel have a maximum resolution of 55 lp/mm with a 60% contrast, far higher than that of all Bayer-pattern sensors;*
- b. *the maximum lighting levels need to be evaluated in order to avoid damaging the drawing. The degree to which a drawing deteriorates is significantly influenced by the time it is exposed to the light source and by its intensity (Norm UNI 10829/1999). This is why only HMI or fluorescent light can be used;*
- c. *correct visualisation of colour on a screen involves not only calibrating the screen, but also a trade-off between the correct colour space of the image and that of the screen.*

The first problem we tackled regarding the outputs was to determine the right resolution with which to acquire the images so as to ensure acquisition of all the significant details in the original document because Leonardo's pen strokes were particularly challenging vis-à-vis this parameter.

Since this was a priority it was defined using an empirical 'ad hoc' analysis that exploited a scale thread counter and previous analyses by the authors on other drawings by Leonardo showing minimum 90 μm thickness. Based on the Shannon-Nyquist theory, the resolution required to accurately represent the structural characteristics is at least double the inverse of the width of the thinnest detail, i.e., in this case, at least 565 dpi. Note how compared to the format of the drawing this corresponds to a minimum resolution of 8,000x5,500 pixel without the edges; this can easily be ensured by a last-gen digital back without having to use mottling techniques.

We used a Rencay Superfineart with a trilinear CCD Kodak 8000 sensor and a

8/ Misura della funzione di trasferimento di frequenza (MTF): ripresa del target ISO 12233 e determinazione dei dati risultanti ai fini della caratterizzazione della risoluzione.
Measurement of the frequency transfer function (MTF): shooting the ISO 12233 target and assessment of the ensuing data in order to characterise the resolution.

maximum resolution of 26,000x16,000 pixel mounted on a Linhof Technika IV 4"x5" camera with a Schneider Kreuznach Digitar Apo 180mm f 5,6 lens. We also needed to prepare a work space on a sufficiently stable floor and use a suitable tripod to avoid loss of contrast due to the vibrations caused by people moving in the room.

Another problem was how to maintain colour accuracy obtained using a procedure of characterisation and calibration of the sensor and controlled lighting provided by 4 continuous fluorescent Lunarea light banks with an operating temperature of just 22°C, i.e., low enough not to damage the drawing during the shoot which lasted an equivalent of 900 lux•hour/year, i.e., less than three days of exposure to the public.

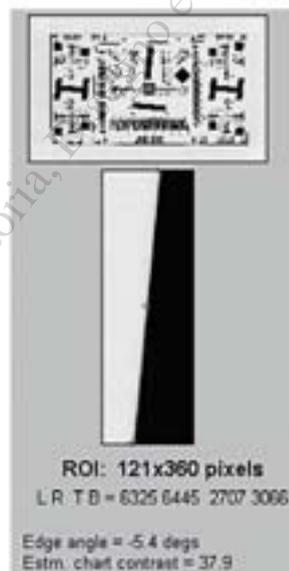
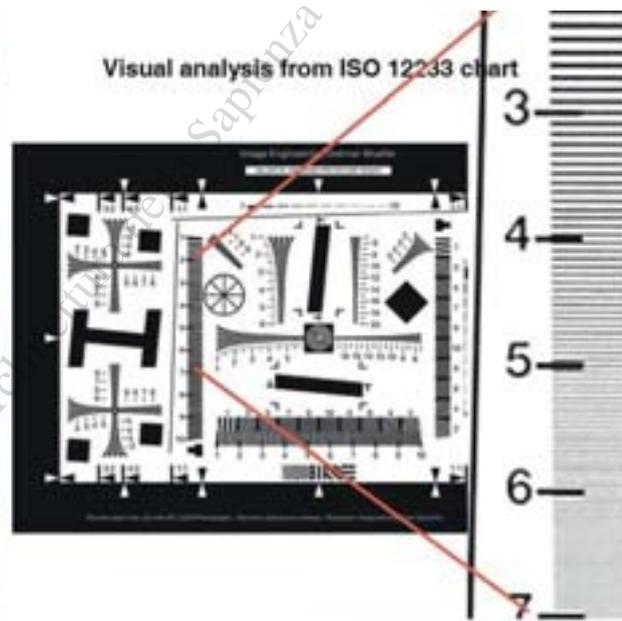
To ensure the resolution characteristics and accurate reproduction of the minimum colours we used a four-step procedure for the characterisation and calibration of the system; during this stage we also focused on maintaining the ideal compromise between image quality and easy use of the techniques:

1. evaluation of the noise made by the camera and its reduction;
2. characterisation of the resolution;
3. choice of colour space and depth of the colour in bits;
4. colour balance.

In this workflow, measurement of the detail and its conservation was taken at different spatial frequencies by measuring the frequency transfer function (MTF). The advantage of working in the frequency field is that the response of the whole system (or group of components) can be calculated by multiplying the responses of each component. As a result the resolution is the end product of:

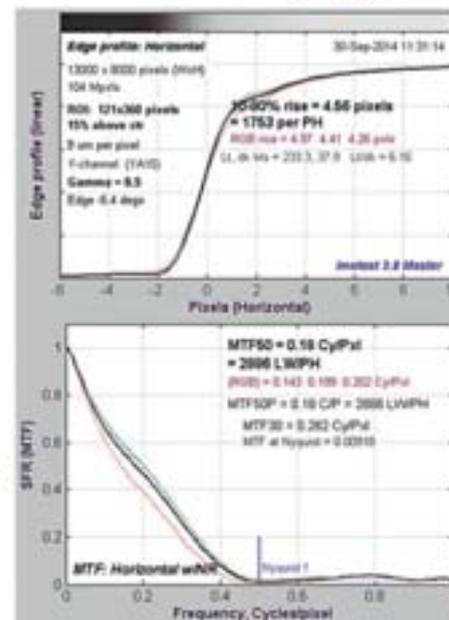
- sample frequency, sensor size, number of pixels;
- MTF of the lens, sensors, microlens, filters, processing of the signal;
- contrast, processing of the signal, interpolation, noise reduction.

Measuring the MTF after these steps is therefore possible and comparable to that of the sum of the single elements (viewpoint, CCD, movements of the camera, etc.); it also possible to use a single measurement to determine the



nel dominio dello spazio

nel dominio delle frequenze



- MTF di: obiettivi, sensori, microlenti, filtri, elaborazione del segnale;
- contrasto, elaborazione del segnale, interpolazione, riduzione del rumore.

Una misurazione del MTF a valle di questi passaggi è quindi possibile, ed è comparabile con quella della somma dei singoli elementi (ottica, CCD, movimenti della macchina fotografica, ecc.) e permette di determinare tramite un'unica misura l'MTF complessivo

(“MTF di sistema”), usando *target* di riferimento noti.

Nel caso dell'Uomo vitruviano, la caratterizzazione della risoluzione è stata realizzata usando un target ISO 12233, secondo una procedura sviluppata in altre esperienze¹³. Si è computato il responso rispetto ad un bordo inclinato in termini di distanza di risalita (risalita 10-90%) e la curva della MTF come una funzione della frequenza spaziale espressa in unità di cicli per pixel

9/ Calibrazione del colore: ripresa del target Gretag Color Checker; analisi del colore per la stessa fotografia calibrata; "Mean camera chroma" relativo al "Mean ideal chroma" nel CIE colour metric (ΔE^*_{ab}) per la fotografia calibrata.

*Colour calibration: shooting the Gretag Colour Checker target; analysis of the colour for the same calibrated photograph; 'Mean camera chroma' relating to the 'Mean ideal chroma' in the CIE colour metric (ΔE^*_{ab}) for the calibrated photograph.*



(misurata da MTF_{50} e MTF_{30})¹⁴. La risoluzione spaziale media (orizzontale e verticale) su una dimensione di immagine acquisita di 8.000x13.000 px, corrispondente a un'area campionata di 263,5x427,25 mm corretta con maschera di contrasto, è risultata per la risalita 10-90% = 4,56 pixel; nel dominio della frequenza è stata ottenuta una media $MTF_{50} = 0,180$ Cicli/Pixel e una media $MTF_{30} = 0,186$ Cicli/Pixel che equivale alla risoluzione di 65 μ m, ampiamente migliore di quella richiesta (fig. 8).

L'accuratezza del colore è stata computata in termini di croma media della camera relativa alla croma media ideale nella metrica del colore CIE (ΔE^*_{ab}) rispetto a un target X-Rite GretagMacbeth ColorChecker¹⁵. La formula di riferimento CIELAB ΔE^*_{ab} per misurare le differenze di colore è quella definita nel 2000 dalla Commission International de l'Éclairage (CIE) che tiene conto del problema della non-uniformità percettiva dei colori¹⁶. Il riferimento per i valori corretti di ΔE^*_{2000} sono i risultati sperimentali di Song e Luo che mostrano come le differenze di colori percepibili e accettabili in immagini complesse su un monitor CRT sono approssimativamente 2,2 e 4,5 rispettivamente¹⁷. Tuttavia, poiché l'occhio umano è molto più sensibile alle variazioni dei livelli di grigio e delle tonalità medie, è possibile che sia in grado di notare una differenza pari a 0,5 ΔE^*_{ab} . Per quanto riguarda i risultati relativi al disegno, si è ottenuto un valore medio di $\Delta E^*_{2000} = 1,78$, che corrisponde all'indistinguibilità ad occhio nudo col reale, su un monitor calibrato (fig. 9).

Il risultato finale del nostro processo è dato da due semplici mappe colore in formato RGB a 16 bit per canale che descrivono efficacemente la componente diffusa utilizzando lo spazio colore Adobe RGB che consente – nel nostro caso – di visualizzare tutti i colori dell'originale con il non banale vantaggio di una corretta visualizzazione a monitor. Occorre rilevare a questo punto come le API grafiche utilizzate per la visualizzazione tridimensionale (le OpenGL) supportino *texture* e *rendering* con codifica del colore solo nello spazio sRGB, così come la quasi generalità dei monitor. Per questo un passaggio fondamentale consiste nella compressione del colore dallo spazio Adobe RGB a quello sRGB, che è stato compiuto servendosi della tabella di corrispondenza per la GretagMacbeth Color Chart scritta da Denny Pascale¹⁸.

L'applicazione per la visualizzazione

La soluzione grafica sviluppata è stata esposta alla mostra "Perfecto e Virtuale – L'Uomo Vitruviano di Leonardo" tenutasi a Fano dal 24 ottobre 2014 al 6 gennaio 2015. Per la visualizzazione del modello 3D è stata utilizzata una soluzione basata sul software commerciale 3DExcite Deltagen 12.1, un visualizzatore OpenGL *user-friendly* e con implementazioni specifiche per l'*high-quality* RTR¹⁹. La *software-house* è stata coinvolta nel progetto, e ha dato sostegno allo sviluppo di caratteristiche specifiche. L'applicazione consente l'utilizzo di mappe *texture* fino a 16.384x16.384 pixel (ben oltre la risoluzione di acquisizione del

overall MTF (system MTF) using a known reference target.

*In the case of The Vitruvian Man, characterisation of the resolution was achieved using a ISO 12233 target based on a procedure developed during other projects.*¹³

*We calculated the response compared to an edge inclined in terms of the rise distance (rise 10-90%), and the MTF curve as a function of the spatial frequency expressed in units of cycles per pixel (measured at MTF_{50} and MTF_{30}).*¹⁴ The average horizontal and vertical spatial resolution of a piece of the acquired image (8,000x13,000 px), corresponding to a sample area of 263.5x427.25 mm corrected with a contrast mask, was 10-90% = 4.56 pixel for the rise; in the frequency domain we obtained an average $MTF_{50} = 0.180$ Cycles/Pixel and an average $MTF_{30} = 0.186$ Cycles/Pixel equal to a resolution of 65 μ m, much greater than the one required (fig. 8).

*Colour accuracy was calculated in terms of the mean chroma of the camera relative to the mean ideal chroma in the CIE colour metrics (ΔE^*_{ab}) compared to a target X-Rite GretagMacbeth ColorChecker.*¹⁵ The reference formula CIELAB ΔE^*_{ab} to measure the difference in colour is the formula established in 2000 by the Commission International de l'Éclairage (CIE) that takes into account the problem of perceptible non-uniformity of colours.¹⁶ The reference for the correct values of ΔE^*_{2000} are the experimental results by Song and Luo who demonstrate how the perceptible and acceptable colour differences in complex images on a CRT screen are approximately 2.2 and 4.5 respectively.¹⁷ Nevertheless, since the human eye is much more sensitive to variations in greys and middle tones it's possible for the eye to see a difference of 0.5 ΔE^*_{ab} .

*As regards the results relative to the drawing, we obtained an average value of $\Delta E^*_{2000} = 1.78$, corresponding to indistinguishability by the naked eye with the real object on a calibrated screen (fig. 9).*

Our process produced two simple RGB format colour maps with 16 bits per channel; they successfully describe the diffuse component using the Adobe RGB colour space which in this case enables visualisation of all the colours of the

original with an additional advantage: correct visualisation on the screen. At this point we should point out that the graphic API used for three-dimensional visualisation (the OpenGL) supports texture and rendering with colour codes only in the sRGB space, like most screens. This is why it is important to compress the colour from the Abode RGN space to the sRGB space; the latter was calculated using the conversion table for the GretagMacbeth Color Chart written by Denny Pascale.¹⁸

The app for visualisation

The graphic solution we developed was displayed at the exhibition 'Perfecto e Virtuale – L'Uomo Vitruviano di Leonardo' held in Fano from 24 October 2014 to 6 January 2015. To visualise the 3D model we used the commercial software 3DExcite Deltagen 12.1, a user-friendly OpenGL visualiser with specific implementations for high-quality RTR.¹⁹ The software-house was involved in the project and assisted in the development of specific characteristics, e.g., the app making it possible to use texture maps up to 16,384x16,384 pixel (well beyond the acquisition resolution of the drawing). The only drawback is that it requires 4 Gb of RAM texture hardware; however, this is the size of an average graphic card that can be bought for a few hundred euro. New solutions were implemented to ensure accurate chromatic and tonal reproduction. These include:

1. colour management along the rendering pipeline working in the context of colour space in which the images are observed, i.e., sRGB. The software made it possible to not only visualise images using lookup tables, but also control contrast, exposure, tonal map and range, as if it were a photograph;
2. shading. A pre-calculated ambient occlusion and a series of lightmaps were introduced using 3DExcite Reallight technology;
3. colour balance. A picture perfect RGB Rendering technique²⁰ was used to create spectral pre-filtering. The advantage of this technique is that no changes need to be made to the rendering RGB engine. Pre-filtering was achieved using a series of Gretag ColorChecker targets positioned



12/ "L'Uomo vitruviano di Leonardo in HR", vista di dettaglio di uno dei particolari del disegno: fori dovuti alla punta di compasso (recto).

'HR version of Leonardo's Vitruvian Man', detailed view of one part of the drawing: holes created by the compass (recto).

13/ "L'Uomo vitruviano di Leonardo in HR", vista di dettaglio di uno dei particolari del disegno: riprese del tracciamento del cerchio (recto).

'HR version of Leonardo's Vitruvian Man', close-up view of one the details in the drawing: part of the line of the circle (recto).



disegno), con il solo limite della necessità di 4 Gb di RAM *texture* hardware, comunque rispondente a una scheda grafica di fascia media del costo di poche centinaia di euro.

Al fine di assicurare la fedeltà della riproduzione cromatica e tonale sono state implementate nuove soluzioni relative a:

1. *color management* lungo la *pipeline* di *rendering* lavorando nel contesto dello spazio colore in cui le immagini sono osservate, cioè l'sRGB. Il software permette di visualizzare immagini

tramite *lookup tables* e il controllo di contrasto, esposizione, mappa tonale e gamma, esattamente come si trattasse di una fotografia;

2. ombreggiatura. Tramite la tecnologia 3DExcite RealLight sono state introdotte una *ambient occlusion* pre-computata e una serie di *lightmaps*;

3. bilanciamento del colore. È stato realizzato un pre-filtraggio spettrale tramite la tecnica *Picture Perfect RGB Rendering*²⁰ che presenta il vantaggio di non necessitare di modi-

in the scene using ACR calibrator scripts²¹ and applying the results of the calibration using a series of tonal mapping algorithms.

The results of the methodologies and techniques used in this project are visible in the figures captured on the visualiser screen (figs. 10, 11).

The system has two major advantages: it not only provides an accurate reproduction of an orthogonal view, but also makes it possible to document, visualise and analyse the smaller details of the surface. Users can zoom in on high-resolution images, measure the characteristics of an image, modify the visible dynamic range, and compare and superimpose recto and verso or various parts of the drawing with different shaders or lighting techniques. Furthermore, it is easy to implement non-photorealistic thematic visualisations; the latter can be obtained either by using the shader (e.g. emphasising the details obtained by increasing contrast), or lighting (e.g. analyses using side light). Finally, the system inserts semantic and historical information and critiques into the 3D model using the multimedia DeltaGen environment so that both visitors and scholars can not only see the many extraordinary details in the drawing, but also link them to previously performed studies and discover features that were so far invisible.

In light of the event for which the application was developed, and the fact this innovative vision of Leonardo's drawing was so popular with the many thousands of visitors to the exhibition, the application revealed another unexpected property to its authors: its remarkable communication and dissemination potential (web and local) involving new forms of museum design available to a vast and heterogeneous public. As a result, the drawings acquire a new dimension and appear to live a new life, sometimes with unknown meanings, even to those who have lived with them for years. In the future it will be interesting to verify this premise using entire collections of drawings; this will undoubtedly require new levels of automation which, on the one hand, will make it possible to move beyond this typically artisanal type of operation and, on the other, allow new forms of large-scale comparative analysis capable of giving drawings back their former importance, an importance which in this day and age they seem to be slowly losing.



* This paper is based on the application 'L'Uomo Vitruviano di Leonardo in HR', developed for the exhibition 'Perfecto e Virtuale. L'Uomo Vitruviano di Leonardo' curated by Annalisa Perissa Torrini (Fano, 24 October 2014 - 6 January 2015). Work group: Marco Gaiani and Fabrizio Ivan Apollonio (University of Bologna), Massimo Zancolich (TabulaRasa s.c.), Mirko Barone and Bastian Wildenhues (3DExcite), Paolo Clini and Gianni Plescia (Univpm Marche).

1. Leonardo da Vinci, *The Proportions of the Human Figure known as The Vitruvian Man, metalpoints, silver or lead nib, pen and ink, watercolour wash over, white paper, 345 x 246 mm, Venice, Gallerie dell'Accademia, Cabinet of Drawings and Prints, cat. N. 228.*

2. Cfr. Beltramini, Gaiani 2003; Corsi, Faietti, Gaiani, Rossi, Zancolich 2011a; Gaiani, Ricci, Zancolich 2012.

3. Chen, Berns, Taplin 2007.

4. Wilkie, Weidlich, Magnor, Chalmers 2009.

5. <www.opengl.org> [May 2015].

6. We used a 46" monitor with a visible area of 1020x572 mm. Full HD, LED IPS with a brightness of 700 cd/m², contrast 6,000:1, supported by Multi-Touch IR Led Cell technology capable of up to 32 simultaneous interactions and a 2.7 mm accuracy as regards touch points.

7. Salvi 2012.

8. Motoyoshi, Nishida, Sharan, Adelson 2007.

9. Filip, Haindl 2009; Müller 2009.

10. Goral, Torrance, Greenberg, Bennett 1984.

11. Coleman, Jain 1982.

12. Cfr. Corsi, Faietti, Gaiani, Rossi, Zancolich 2011b.

13. Cfr. Gaiani 2012.

14. Burns 2000.

15. McCamy, Marcus, Davidson 1976.

16. Sharma, Wu, Dalal 2005; Liu, Huang, Cui, Ronnier-Luo, Melgosa 2013.

17. Song, Luo 2000.

18. Pascale 2006.

fiche del motore di *rendering* RGB. Il pre-filtraggio è realizzato tramite una serie di *target* Gretag ColorChecker posizionate nella scena utilizzando gli ACR *calibrator scripts*²¹, e applicando i risultati della calibrazione attraverso una serie di algoritmi di mappatura tonale. Nelle figure catturate dallo schermo del visualizzatore è possibile vedere il risultato delle metodologie e tecniche sviluppate (figg. 10, 11). Il principale vantaggio del sistema è in una visualizzazione fedele che non si limita a una semplice vista ortogonale, ma fornisce la capacità di documentare, visualizzare e analizzare i dettagli fini della superficie. Gli utenti possono zoomare immagini ad alta risoluzione, misurare caratteristiche su un'immagine, modificare il *dynamic range* visibile, comparare e sovrapporre *recto* e *verso* o varie parti del disegno con differenti *shaders* o tecniche d'illuminazione. Inoltre sono facilmente implementabili visualizzazioni tematiche non-fotorealistiche che possono essere ottenute sia agendo sullo *shader*, come enfaticizzazione dei dettagli ottenuti da aumento del contrasto, sia sull'illuminazione, come analisi con luce radente. Infine il sistema integra annotazione semantica e storico-critica al modello 3D tramite l'ambiente multimediale DeltaGen, così che il semplice visitatore ma anche lo studioso possono non solo vedere apparire i tanti straordinari particolari del disegno, ma anche collegarli agli studi già fatti e arrivare a scoprire caratteri che fino ad ora non si erano resi visibili.

In considerazione dell'occasione per cui l'applicazione è stata sviluppata e del grande fascino che la innovativa visione del foglio di Leonardo ha saputo suscitare nelle migliaia di visitatori della mostra, l'applicazione ha mostrato poi una inaspettata proprietà anche agli autori: quella di avere straordinarie potenzialità di comunicazione e divulgazione (web e locale) per nuove forme di allestimento museale a disposizione di un pubblico vasto ed eterogeneo, cosicché i disegni, acquisita una nuova dimensione, sembrano entrare in una nuova vita dai significati a volte sconosciuti anche a chi li ha avuti accanto costantemente nel tempo.

In futuro sarà interessante poter verificare questo assunto anche su intere raccolte di disegni; un lavoro che richiederà certamente nuovi livelli di automazione che, se da un la-

to consentiranno di uscire dalla attuale operatività tipicamente artigianale, dall'altro potranno permettere nuove forme di analisi comparativa su vasta scala capaci di restituire al disegno una centralità che oggi sembra venire progressivamente meno.

* Il presente saggio nasce dall'esperienza dell'applicazione "L'Uomo Vitruviano di Leonardo in HR", sviluppata per la mostra "Perfecto e Virtuale. L'Uomo Vitruviano di Leonardo" a cura di Annalisa Perissa Torrini (Fano, 24 ottobre 2014 - 6 gennaio 2015). Gruppo di lavoro: Marco Gaiani e Fabrizio Ivan Apollonio (Università di Bologna), Massimo Zancolich (TabulaRasa s.c.), Mirko Barone e Bastian Wildenhues (3DExcite), Paolo Clini e Gianni Plescia (Univpm Marche).

1. Leonardo da Vinci, *Studio di proporzioni del corpo umano* detto Uomo Vitruviano, stili metallici, punta d'argento o piombo, penna e inchiostro, tocchi di acquerello, carta bianca, mm 345 x 246, Venezia, Gallerie dell'Accademia, Gabinetto dei Disegni e Stampe, cat. N. 228.

2. Cfr. Beltramini, Gaiani 2003; Corsi, Faietti, Gaiani, Rossi, Zancolich 2011a; Gaiani, Ricci, Zancolich 2012.

3. Chen, Berns, Taplin 2007.

4. Wilkie, Weidlich, Magnor, Chalmers 2009.

5. <www.opengl.org> [maggio 2015].

6. Nel nostro caso si tratta di un monitor 46" con area visibile 1020x572 mm. Full HD, LED IPS dalla luminosità di 700 cd/m², contrasto 6.000:1 e supportato da tecnologia Multi-Touch IR Led Cell capace di un numero di interazioni simultanee fino a 32 e precisione dei punti di tocco di 2,7 mm.

7. Salvi 2012.

8. Motoyoshi, Nishida, Sharan, Adelson 2007.

9. Filip, Haindl 2009; Müller 2009.

10. Goral, Torrance, Greenberg, Bennett 1984.

11. Coleman, Jain 1982.

12. Cfr. Corsi, Faietti, Gaiani, Rossi, Zancolich 2011b.

13. Cfr. Gaiani 2012.

14. Burns 2000.

15. McCamy, Marcus, Davidson 1976.

16. Sharma, Wu, Dalal 2005; Liu, Huang, Cui, Ronnier Luo, Melgosa 2013.
17. Song, Luo 2000.
18. Pascale 2006.
19. <<http://www.rtt.ag/en>> [maggio 2015].
20. Ward, Eydelberg-Vileshin 2002.
21. Gardner 2014.
19. <<http://www.rtt.ag/en>> [May 2015].
20. Ward, Eydelberg-Vileshin 2002.
21. Gardner 2014.

References

- Beltrami Guido, Gaiani Marco (a cura di). 2003. *Una metodologia per l'acquisizione e la restituzione dei giacimenti documentali dell'architettura. I materiali per lo studio di Andrea Palladio*. Milano: POLI.design, 2003. 410 p. ISBN: 88-8798-133-7.
- Burns Peter D. 2000. Slanted-Edge MTF for Digital Camera and Scanner Analysis. In *PICS 2000: Image Processing, Image Quality, Image Capture, Systems Conference proceedings*. March 2000, Portland (OR). The Society for Imaging Science and Technology, 2000, vol. 3, pp. 135-138.
- Chen Ying, Berns Roy S., Taplin Lawrence A. 2007. Model Evaluation for Computer Graphics Renderings of Artist Paint Surfaces. In *Proceedings of Fifteenth Color Imaging Conference: Color Science and Engineering, Systems, Technologies and Applications, IS&T/SID, Color Imaging Conference*. Springfield, VA, United States, 2007, pp. 54-59.
- Coleman Jr E. North, Jain Ramesh. 1982. Obtaining 3-Dimensional Shape of textured and specular surfaces using four source Photometry. *Computer Graphics and Image processing*, 18, 4, 1982, pp. 309-328.
- Corsi Cristiana, Faietti Marzia, Gaiani Marco, Rossi Ilaria, Zancolich Massimo. 2011a. Towards a unified and fast workflow for fine art drawing collection acquisition. In Cappellini Vito, Hemsley James (eds). *EVA 2011 Florence proceedings*. EVA 2011 Florence (Firenze, 4-6 maggio 2011). Bologna: Pitagora Editrice, 2011, pp. 76-81.
- Corsi Cristiana, Faietti Marzia, Gaiani Marco, Rossi Ilaria, Zancolich Massimo. 2011b. An unified, fast and low cost workflow for fine art drawing collections acquisition. In Rossi Maurizio (ed.). *Colour and Colorimetry Multidisciplinary Contributions*, vol. VIIB, N. 21. Santarcangelo di Romagna: Maggioli, 2011, pp. 45-52.
- Filip Jiri, Haindl Michal. 2009. Bidirectional Texture Function Modeling: A State of the Art Survey. *IEEE Transactions on PAMI*, 31, 11, 2009, pp. 1921-1940.
- Gaiani Marco. 2012. Trattamento, tutela e comunicazione dei giacimenti documentali dell'architettura antica. In Clini Paolo (a cura di). *Vitruvio e il disegno di architettura*. Venezia: Marsilio, 2012, pp. 177-219.
- Gaiani Marco, Ricci Pier Carlo, Zancolich Massimo. 2012. Una metodologia low-cost per l'analisi tramite metodi 3D di disegni antichi mantenendo la consistenza del colore. In Rossi Maurizio, Siniscalco Andrea (a cura di). *Colore e Colorimetria - Contributi Multidisciplinari*. Vol. VIIIA. Rimini: Maggioli, 2012, pp. 15-22.
- Gardner Rags. 2014. Retrieved November, 25, 2014, from <<http://www.rags-int-inc.com/PhotoTechStuff/ColorCalibration>> [maggio 2015].
- Goral Cindy M., Torrance Kenneth E., Greenberg Donald P., Bennett Battaile. 1984. Modeling the Interaction of Light Between Diffuse Surfaces. In *SIGGRAPH '84 Conference proceedings*. New York: ACM Press, 1984, pp. 213-222.
- Liu Haoxue, Huang Min, Cui Guihua, Luo M. Ronnier, Melgosa Manuel. 2013. Color-difference evaluation for digital images using a categorical judgment method. *Journal of the Optical Society of America A*, 30 (4), pp. 616-626.
- McCamy C. S., Marcus H., Davidson J. G. 1976. A Color Rendition Chart. *Journal of Applied Photographic Engineering*, 11(3), pp. 95-99.
- Motoyoshi Isamu, Nishida Shin'ya, Sharan Lavanya, Adelson Edward H. 2007. Image statistics and the perception of surface qualities. *Nature*, 447, 10, 2007, pp. 206-209.
- Müller Gero. 2009. *Data-Driven Methods for Compression and Editing of Spatially Varying Appearance*. PhD. Thesis, University of Bonn, 2009.
- Pascale Danny. 2006. *RGB coordinates of the Macbeth ColorChecker*. The BabelColor Company, Montreal, Quebec, Canada, Comparison, 2006.
- Salvador Loretta. 2009. Tecniche, stato conservativo e intervento di restauro. In Perissa Torrini Annalisa (a cura di). *Leonardo. L'uomo vitruviano fra arte e scienza*. Venezia: Marsilio, 2009, pp. 57-67.
- Salvi Paola. 2012. La misura dell'armonia: l'Uomo vitruviano e il De Statua di Leon Battista Alberti. In Salvi Paola (a cura di). *Approfondimenti sull'uomo vitruviano di Leonardo da Vinci*. Atti del Convegno (Milano 4-5 maggio 2011). Poggio a Caiano: CB Edizioni. 2012, pp. 21-60.
- Sharma Gaurav, Wu Wencheng, Dalal Edul N. 2005. The CIEDE2000 Color-Difference Formula: Implementation Notes, Supplementary Test Data, and Mathematical Observations. *Color Research and Application*, vol. 30. No. 1, February 2005, pp. 21-30.
- Sinisgalli Rocco. 2003. La sezione aurea nell'Uomo Vitruviano di Leonardo. In Nepi Scirè Giovanna, Perissa Torrini Annalisa (a cura di). *I Disegni di Leonardo da Vinci e della sua cerchia nel Gabinetto dei Disegni e Stampe delle Gallerie dell'Accademia di Venezia, ordinati e presentati da Carlo Pedretti*. Firenze: Giunti, 2003, pp. 179-181.
- Song Tao, Luo M. Ronnier. 2000. Testing color-difference formulae on complex images using a CRT monitor. In *Proceedings of IS&T and SID Eighth Color Imaging Conference*, 2000, pp. 44-48.
- Ward Greg, Eydelberg-Vileshin Elena. 2002. Picture perfect RGB rendering using spectral prefiltering and sharp color primaries. In *Proceedings of the 13th EWR*. New York: ACM Press, 2002, pp. 117-124.
- Wilkie Andrea, Weidlich Alexander, Magnor Marcus, Chalmers Alan. 2009. Predictive Rendering. In *ACM SIGGRAPH ASIA 2009 Courses (SIGGRAPH ASIA '09)*. New York: ACM, Article 12, 428 p.
- <<http://www.opengi.org>> [maggio 2015].
- <<http://www.imatest.com/home>> [maggio 2015].
- <<http://www.rtt.ag/en>> [maggio 2015].

Tommaso Emler

APP design con uso della realtà aumentata per la divulgazione dei Beni Culturali

APP design using augmented reality to disseminate Cultural Heritage

Information and communication technology (ICT) is born to new life in apps using augmented reality. The objective is to improve dissemination of Cultural Heritage on the smartphones and tablets used by visitors and scholars. The disciplinary fields involved in the research are: visual communication; representation (management and exploration of 3D models and 2D raster or vectorial images); multimedia (direct interaction by the user who can decide what he/she wants to focus on).

Key words: augmented reality, App, 3D modelling, multimedia, information and communication technologies (ICTs).

To communicate and disseminate information, culture and services in our modern world requires the adoption and development of methodologies and practices associated with Information and Communication Technology (ICT). This paper reviews the technologies used to enhance and disseminate Italian cultural heritage. It also presents the results of recent studies on the use of multimedia and interaction to disseminate Italy's extensive cultural heritage. The studies were carried out by the Laboratory of Visual and Digital Studies in Architecture at the Department of History, Drawing and Restoration of Architecture, Rome Sapienza University.¹ The objective of the study was to develop digital communication tools to promote accessibility, interaction and communication of exceptionally interesting historical, artistic and archaeological places and artefacts. The developed and applied technology involves apps with augmented reality known as computer-mediated reality.

Augmented reality

The objective of augmented reality (AR) systems is to increase real world data by superimposing computer-generated information. Ronald T. Azuma² identified three main characteristics of AR systems: they combine real and virtual; they're interactive in 'real time'; and they're registered in 3D. The first AR systems ran on a computer desktop. To use them a person needed a device called a Head Mounted Display (HMD), a 'special' monocular or binocular helmet fitted

Le tecnologie dell'informazione e della comunicazione (TIC) trovano nuovi ambiti applicativi nelle APP con utilizzo della realtà aumentata. L'obiettivo è consentire una maggiore divulgazione dei Beni Culturali utilizzando gli smartphone e i tablet che i visitatori/studiosi hanno a propria disposizione. I settori disciplinari coinvolti nella ricerca sono: la comunicazione visiva; la rappresentazione, per la gestione ed esplorazione dei modelli 3D ed immagini 2D di tipo raster o vettoriali; la multimedialità, per la possibilità d'interazione diretta da parte dell'utilizzatore, che può decidere dove e come focalizzare la propria attenzione.

Parole chiave: realtà aumentata, APP, modellazione 3D, multimedialità, tecnologie dell'informazione e della comunicazione (TIC).

Le modalità di fare informazione e comunicare/divulgare cultura e servizi oggi adottano e sviluppano metodologie e pratiche connesse alle tecnologie dell'informazione e della comunicazione (TIC). Questo contributo esamina l'applicazione di tali tecnologie alla valorizzazione e divulgazione del patrimonio culturale italiano e illustra gli esiti delle ricerche che da alcuni anni il Laboratorio di Studi Visuali e Digitali in Architettura del Dipartimento di Storia, Disegno e Restauro dell'Architettura, Sapienza Università di Roma¹ sta compiendo sull'uso della multimedialità e dell'interazione per la divulgazione del vasto patrimonio culturale italiano, con il fine di sviluppare mezzi di comunicazione digitali in grado di incentivare l'accessibilità, l'interazione e la comunicazione di aree di particolare interesse e pregio storico-artistico-archeologico. La tecnologia sviluppata e applicata è quella delle APP con utilizzo della realtà aumentata, altrimenti detta realtà mediata dall'elaboratore.

La realtà aumentata

I sistemi di realtà aumentata (*Augmented Reality*, abbr. AR) hanno come obiettivo quello di accrescere le informazioni del mondo reale sovrapponendo informazioni generate al computer. Ronald T. Azuma² identifica tre principali caratteristiche nei sistemi AR: combinare reale e virtuale; interagire in "real time"; registrare informazioni in 3D.

I primi sistemi AR operavano su computer desktop e richiedevano l'uso di un dispositivo HMD (*Head Mounted Display*), un casco "ad hoc" di tipo monocolare o binocolare, montato sulla testa dell'utilizzatore. Nonostante le iniziali difficoltà ergonomiche legate a questo tipo di configurazione, l'AR ha avuto un buon impatto nel settore industriale, della formazione chirurgica e dei videogiochi ma l'inizia-

le costo dei sistemi e le notevoli competenze tecniche richieste per l'uso dell'AR ne hanno impedito una larga diffusione. La successiva diffusione di alcune forme di pubblicità basate sull'uso di grandi schermi fissi da parte di alcune aziende, come Total Immersion³ e Metaio⁴, hanno reso le applicazioni più "friendly" e utilizzabili anche da utenti meno esperti. A partire dal 2005 le applicazioni di AR sono state indirizzate agli strumenti *smart*, dimostrando come tali dispositivi abbiano ottime potenzialità per visualizzazioni basate su sistemi di AR "tracking", legate alla posizione GPS dello strumento utilizzato.

Allo stato attuale i sistemi di realtà aumentata sono fondamentalmente due:

- realtà aumentata mediante dispositivo mobile (smartphone o tablet di ultima generazione) basata su posizione GPS. Requisiti del sistema sono la dotazione di un Sistema di Posizionamento Globale (GPS), del magnetometro (bussola) e la possibilità di visualizzare un flusso video in tempo reale, oltre a un collegamento Internet per ricevere i dati online. La fotocamera del dispositivo inquadra in tempo reale l'ambiente circostante, sul quale vengono sovrapposti livelli di contenuto, con dati riferiti a Punti di Interesse geolocalizzati (PDI) o elementi 3D;

- realtà aumentata su dispositivo mobile con uso di marcatori ARTags che, visualizzati dalla fotocamera, vengono riconosciuti dall'applicazione lanciata sullo strumento *smart*, sul quale vengono sovrapposti in tempo reale contenuti multimediali: video, audio, oggetti 3D. A ogni ARTag può essere agganciato un certo numero di informazioni e l'applicazione deve essere in grado di scansionare automaticamente e in tempo reale il Tag stesso, identificando i punti di controllo caratteristici ed unici per ognuno di essi.

Le nuove applicazioni per i Beni Culturali

Le recenti ricerche sull'uso della multimedia e dell'interazione nell'ambito dei Beni Culturali hanno come obiettivo quello di consentire una maggiore divulgazione e fruizione del patrimonio culturale italiano mediante smartphone e tablet, sempre più in uso da parte di visitatori e studiosi.

Gli ambiti coinvolti sono:

- la comunicazione visiva, con risvolti semilogici e semiotici;
- la rappresentazione, per la realizzazione, gestione ed esplorazione dei modelli 3D e le raffigurazioni bidimensionali di tipo raster o vettoriali;
- la multimedialità, per la possibilità d'interazione diretta da parte dell'utilizzatore, che può decidere dove e come incanalare o focalizzare la propria attenzione.

Lo studio legato alla comunicazione visiva facilita all'utilizzatore il percorso di esplorazione/visualizzazione dell'APP (supportato, in alcuni casi, da un breve tutorial che spiega quali siano le funzioni principali contenute nell'applicazione stessa), basando il tutto sulla facilità di riconoscimento delle icone utilizzate nei vari menù, sul loro significato e sull'articolazione, struttura e facilità di lettura delle schermate/pagine da visitare.

La ricerca nel campo della rappresentazione consente di definire alcuni aspetti collegati alla modellazione tridimensionale – che deve essere gestita in termini di poligoni, *texture* e illuminazione da strumenti *smart*, in cui la memoria per il calcolo delle superfici e degli attributi assegnati in tempo reale non è performante come in un PC assemblato per sviluppare grafica 3D avanzata – e alla rappresentazione mediante immagini *raster* – in cui alcuni problemi di geometria descrittiva risultano più difficili da gestire se non sono disponibili algoritmi di calcolo che consentano di effettuare procedure inverse, come la gestione di una superficie fotografica applicata su una sfera per una visualizzazione panoramica a 360° e una sua successiva trasformazione, mediante fotoritocco, per avere una visualizzazione in parte o completamente diversa dalla prima. Nello sviluppo della parte legata alla multimedialità sono molti i fattori che entrano in gioco:

- lo strumento di *input* sono le dita che si muovono su un *multi-touch screen* che può andare dai 3,5 pollici (*display* di un iPhone4s) ai 9,7 pollici (*display* di un iPad);

- i dati che risiedono “fisicamente” nell'APP installata sul dispositivo di visualizzazione (generalmente un'APP non può “pesare” più di 50-60Mb) e quelli che vengono “caricati” da un *host* remoto, mediante l'utilizzo di Internet (con il collegamento mediante una rete wi-fi o il sistema 3G del dispositivo stesso), dove risulta determinante la velocità di connessione e trasferimento dei dati stessi;

- la facilità di navigazione e interazione con modelli 3D, panorami a 360°, visualizzazioni in realtà aumentata;

- l'interazione con gli altri strumenti presenti sul dispositivo *smart*, come il GPS, la bussola, l'accelerometro, la fotocamera;

- l'interazione con altre applicazioni presenti sul dispositivo *smart*, come l'Apple MapKit e la possibilità di definire i percorsi per raggiungere il luogo oggetto d'interesse.

La capacità di coniugare in un'APP indirizzata al settore dei Beni Culturali i temi sopra descritti costituisce un aspetto innovativo e ancora oggetto di ricerca, poichè lo studio sulla divulgazione delle informazioni mediante strumenti *smart* è ancora poco sviluppato. L'attuale evoluzione delle APP può essere considerata a un livello 1.0, in cui è generalmente necessario un programmatore per ambiente iOS o Android e in cui le APP non consentono agli utilizzatori finali di apportare modifiche o personalizzazioni in funzione delle loro riflessioni o considerazioni.

Allo stato attuale si tratta di un settore in cui sono prevalentemente sviluppate applicazioni per l'area commerciale, sportiva o ludica e del tempo libero e solo recentemente indirizzato al mondo dei Beni Culturali.

Tra le APP più diffuse (alcune a pagamento, altre gratuite) in Italia possono essere menzionate:

- Roma MVR, Altair4 Multimedia;
- iMibac Voyager, Ministero per i Beni e le Attività Culturali;
- RomeVIEW, Museo di Roma.

Si stanno, inoltre, diffondendo piattaforme per la costruzione di applicazioni mobili basate o meno su sistemi *cloud*, in cui l'utente

to the user's head. Despite the initial ergonomic difficulties of this configuration, AR impacted positively on the industrial sector, surgery training and videogames.

However, the initial cost of the systems and the considerable technical skills needed to use AR stopped them from becoming widespread.

Later, when several companies used large fixed screens for their advertisements, e.g., Total Immersion³ and Metaio⁴, the apps became more 'friendly' and could be used by more amateur users. Since 2005 AR apps have been developed for smart tools, proving that these devices have a great visualisation potential based on the AR 'tracking' systems associated with their GPS position.

At present there are two main augmented reality systems:

- augmented reality using a mobile device (last generation smartphones or tablets) based on a GPS position. System specifications include a Global Positioning System (GPS), magnetometer (compass), the possibility to visualise a real-time video flow, and an internet connection to receive data online. Levels of contents with data referred to Geolocalised Points of Interest (GPI) or 3D elements are superimposed on a real-time picture of the surroundings taken by the camera in the device;

- augmented reality on a mobile device using ARTags markers. When visualised on the camera these markers are recognised by the app on the smart device and multimedia contents are then superimposed in real time: video, audio and 3D objects. Each ARTag has a certain amount of data. The app also has to be able to automatically scan the tag in real time, identifying the unique characteristic points of control of each tag.

New apps for Cultural Heritage

Recent research on the use of multimedia and interaction in the field of Cultural Heritage is aimed at promoting greater dissemination and fruition of Italy's cultural heritage on smartphones and tablets, increasingly popular among visitors and scholars.

The fields involved are:

- *visual communication, with semiological and semiotic implications;*

1/ Nervar consente, tramite smartphone e tablet, la visualizzazione tridimensionale dell'area archeologica centrale nel suo stato attuale e nel periodo di Roma Imperiale sul una cartolina grazie al sistema di realtà aumentata basato su ARTag.

Nervar provides the 3D visualisation on smartphones and tablets of the current state of the main archaeological area and what it looked like during Imperial Rome. The visualisation is presented on a postcard thanks to the ARTag augmented reality system.

- representation to create, manage and explore 3D models and 2D raster or vectorial images;
 - multimedia, due to the option allowing to the user to directly interact and decide where and how to channel or focus his/her attention. Visual communication studies are aimed at facilitating the user's exploration/visualisation of the app (in some cases accompanied by a short tutorial explaining the app's main functions) by basing everything on easy recognition of the menu icons, their meaning, organisation, structure and easy interpretation of the display screen or available pages. Research in the field of representation focuses on defining certain aspects associated with 3D modelling and representation using raster images. Three-dimensional modelling has to be managed by smart devices using polygons, texture and lighting. The memory of these devices regarding the calculation of the surfaces and attributes assigned in real time is not as good as the memory in a personal computer that can develop advanced 3D graphics. As concerns the raster images, several problems of descriptive geometry are more difficult to manage if there are no calculus algorithms to perform inverse procedures. These procedures include managing a photographic surface applied on a sphere to produce and transform a 360° panoramic image and using photo retouching in order to obtain a visualisation that is partially or completely different to the initial image. Many factors are involved in the development of the multimedia aspect:

- the input tool are people's fingers moving over a multi-touch screen ranging from 3.5 inches (display of a iPhone4s) to 9.7 inches (display of an iPad);
- the data 'physically' stored in the app in the visualisation device (in general an app cannot 'weigh' more than 50-60Mb) and the data 'uploaded' from a remote host, using the internet (with a link to a wifi network or the device's own 3G system). In this case the connection speed and data transfer are crucial;
- easy navigation and interaction with 3D models, 360° panoramas, augmented reality visualisations;
- interaction with other tools in the smart device, such as the GPS, compass, accelerometer and camera;

decide come organizzare la propria APP, inserendo i "campi" di proprio interesse, per ricevere l'APP configurata, a pagamento, dopo breve tempo.

Le APP sviluppate⁵ dal Laboratorio di Studi Visuali e Digitali in Architettura sono:

- Nervar, relativa ai Fori Imperiali e il Foro di Nerva in particolare;
- IsIPU, sviluppata per documentare alcuni giacimenti preistorici presenti nel bacino di Anagni (FR);
- FrancigenAR+, pensata per la diffusione dell'itinerario turistico-religioso della Francigena meridionale, direttrice via Prenestina-Latina, con particolare riguardo alla Ciociaria.

Nervar

Nervar⁶ è un'APP basata su sistema ARTag che fornisce indicazioni sul Foro di Nerva e sui Fori Imperiali ai visitatori che possiedono un dispositivo *smart* con sistema operativo iOS (iPhone, iPod, iPad, iPad-mini).

All'avvio, l'APP attiva direttamente la fotocamera del dispositivo e pone lo strumento in modalità AR con ricerca e identificazio-

ne degli ARTags, una sorta di codice che funziona da *target* per consentire al sistema di fornire informazioni in particolari posizioni o condizioni. Vengono riconosciuti come ARTag i pannelli informativi presenti nell'area dei Fori Imperiali, ivi compresa la grande planimetria ubicata nel cortile esterno del "Visitor Center" di via dei Fori Imperiali, e un'apposita mappa o cartolina portatile.

In entrambe le situazioni la grafica presente sui supporti indicati consente la sovrapposizione dei contenuti tridimensionali, distinguendo i modelli 3D di appartenenza a ogni Foro, in modo che l'utente possa sfruttare la stessa ricostruzione 3D come un menù di selezione per le informazioni che più gli interessano. La modellazione 3D dell'area consente di visualizzare i resti archeologici oppure la ricostruzione dei Fori Imperiali.

Dal punto di vista della navigazione, l'APP presenta tre modalità tra loro alternative o complementari:

- la visualizzazione in "realtà aumentata" (AR), che permette di percepire diversi livelli



2/ Nerver offre contenuti di realtà aumentata, con un archivio geolocalizzato dei reperti archeologici di rilievo, schede di dettaglio con informazioni multimediali, contenuti interattivi. Sfruttando i dispositivi mobili è possibile la fruizione contemporaneamente alla visita sul posto.

Nerver provides augmented reality contents with a geolocalised archive of the most important archaeological remains, detailed technical sheets with multimedia information, and interactive contents. Using mobile devices it's possible to use this information while visiting the site.

3/ Struttura dati di Nerver.

Nerver flowchart.

4/ Ogni scheda informativa del database è geolocalizzata e presente sulla mappa. Al suo interno presenta informazioni testuali, un'audioguida, una galleria di immagini e una sezione dedicata al modello 3D navigabile. In quest'ultima l'utilizzatore può navigare liberamente il modello 3D e, attraverso un apposito comando, attivare la ricostruzione storica visionandolo come era in epoca imperiale.

Each database infosheet is geolocalised and present on the map. It contains textual information, an audioguide, a set of images and a section dedicated to the navigable 3D model. The user can freely surf the 3D model and, using a specific command, activate a historical reconstruction of what it looked like during the Imperial Age.

di informazioni tridimensionali aggiunti alla realtà, che appaiono sul *display* avendo come riferimento la scheda cartacea (mappa o cartolina) o i pannelli ARTag;

- la modalità "mappa", che permette di lo-

calizzare, attraverso il GPS, la posizione del dispositivo, visualizzandolo su una mappa alla quale sono aggiunte sia le planimetrie storiche dei Fori, sia i POI (*Point Of Interest*), che segnalano la presenza di una "emer-

- interaction with other apps in the smart device, such as Apple MapKit and the possibility to define routes to reach the desired destination.

Combining the above topics in an app for the cultural heritage sector is an innovative step forward, but it still needs more research. In fact, very few studies focus on disseminating information using smart devices. The current evolution of apps can be considered to be at a 1.0 level and generally it requires a programmer of an iOS or Android environment. Furthermore, the apps do not allow the final users to make changes or personalise them based on their own ideas and considerations.

Currently the sector develops mostly commercial apps or apps for sports, games and free time. Only recently has it focused on Cultural Heritage.

These are some of the most popular apps in Italy (either free-paying or free):

- Roma MVR, Altair4 Multimedia;
- iMibac Voyager, Ministry of Cultural Heritage and Activities;
- RomeVIEW, Museum of Rome.

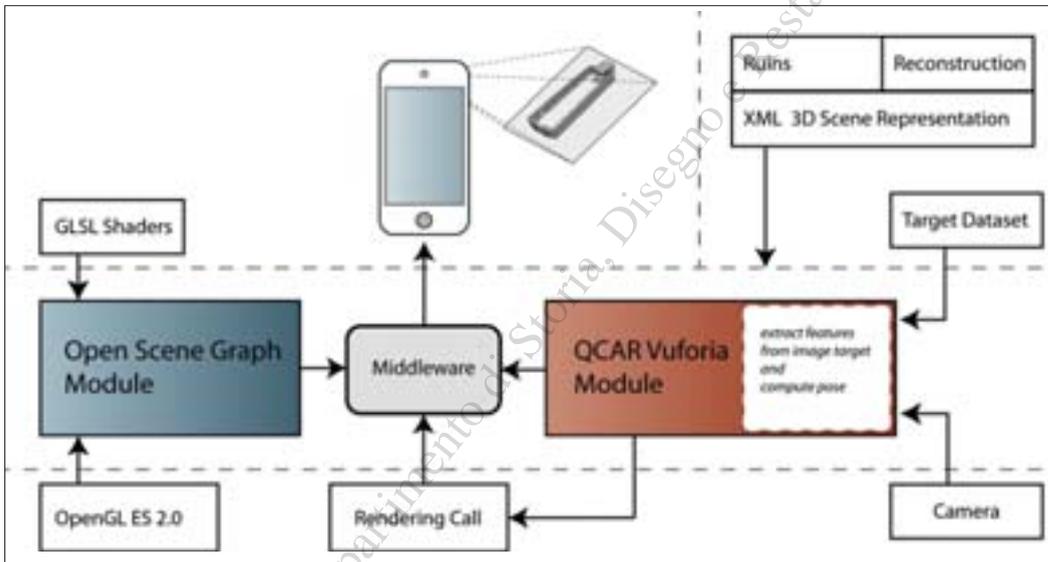
In addition, there are more and more platforms for the creation of mobile apps that exploit/do not exploit cloud systems. These systems allow the user to decide how to organise his/her apps. To receive the configured app the user inserts the 'fields' he/she is interested in.

After payment, the user is then sent the app. The apps⁵ developed by the Laboratory of Visual and Digital Studies in Architecture are:

- Nerver, focusing on the Imperial Fora, especially the Forum of Nerva;
- IsIPU, developed to document several prehistoric sites in the Anagni basin (Frosinone);
- FrancigenAR+, developed to disseminate the tourist/religious southern Francigena route along the via Prenestina-Latina, especially the Ciociaria region.

Nerver

Nerver⁶ is an app based on the ARTag system providing information about the Forum of Nerva and the Imperial Fora to visitors who have a smart device with an iOS operating system (iPhone, iPod, iPad, iPad-mini).



5/ L'APP consente diverse modalità di navigazione (per "mappe", in "realtà aumentata" e una "lista dei siti"). Un tutorial a "popup" guida l'utilizzatore nella prima visualizzazione.

The app provides several different navigation modes ('maps' in 'augmented reality' and a 'list of sites'). A 'popup' tutorial helps the visitor during the first visualisation.

6/ All'interno dei singoli siti (in questo caso Fontana Ranuccio) è presente una lista degli animali di cui sono stati rinvenuti dei reperti.

A list of the animals whose remains have been found is provided for each site (in this case Fontana Ranuccio).

7/ Il modello 3D degli animali preistorici è esplorabile con l'uso "di un dito".

The user can explore the 3D model of prehistoric animals 'with his fingers'.

8/ Scheda informativa del Mastodonte, con una parte testuale e una galleria di immagini.

Datasheet of the mammut, with text and several images.

When the app is opened it immediately activates the camera of the device and puts it into AR mode with search and identification of the ARTags, a sort of code that acts as a target to allow the system to provide information in special positions or conditions. The information panels in the Imperial Fora are recognised as ARTag; they include the large plan in the open-air courtyard of the 'Visitor's Centre' in Via dei Fori Imperiali, a special map and a portable postcard.

In both situations the graphics in the supports allow the 3D contents to be superimposed; it distinguishes between 3D models of each Forum so that the user can exploit the same 3D image as a selection menu for the information he/she is most interested in. The 3D modelling of the area displays either the archaeological remains or the reconstruction of the Imperial Fora.

As regards navigation, the app has three alternative or complementary modes:

- augmented reality (AR) visualisation providing several levels of 3D information as well as reality; they appear on the display based on the paper support (map or postcard) or the ARTag panels;

- the 'map' mode; this mode locates the position of the device thanks to the GPS and visualises it on a map that also shows the historical layouts of the Fora and POI (Points of Interest), i.e., the presence of an 'artefact' and relative information sheet;

- the structure based on a 'list of sheets' visualises the list of the Fora in a more classical data visualisation version. This allows anyone looking for specific information to find it quickly without having to find the map or use the AR mode.

Technologically speaking the app⁷ is based on two main software components, 'Vuforia SDK' and 'OpenSceneGraph', plus the user interfaces.

'Vuforia SDK' is the module used to draw an image and define one's position in 3D space; it calculates in real time the position of the camera and where it is compared to several predefined ARTag. Having found the position using the 'OpenSceneGraph' software module the virtual camera is used to render and accurately superimpose the virtual 3D model on the ARTag (rendering of the models and

genza" di cui è disponibile una scheda informativa;

- la struttura secondo un "elenco schede", che consente di visualizzare l'elenco dei Fori in una forma più classica di visualizzazione del dato. In questo modo anche chi cerca una singola informazione è in grado di trovarla rapidamente senza doverla reperire sulla mappa o nella modalità AR.

Dal punto di vista tecnologico l'APP⁷ si basa su due componenti software principali, "Vuforia SDK" e "OpenSceneGraph", più le interfacce verso l'utente.

"Vuforia SDK" è il modulo usato per tracciare un'immagine e definire la sua posizione nello spazio 3D, calcolando in tempo reale la posizione della fotocamera e il suo orientamento rispetto ad alcuni ARTag predefiniti. Una volta individuata la posizione, tramite il modulo del software "OpenSceneGraph", viene usata la fotocamera virtuale per renderizzare, al fine di sovrapporre correttamente all'ARTag il modello 3D virtuale (rendering dei modelli e delle interfacce utente). Il framework consente la renderizzazione interattiva di modelli con oltre 11.000 vertici a 30 frames al secondo (FPS).

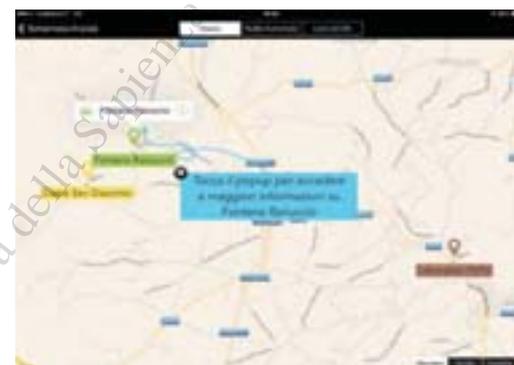
IsIPU

IsIPU⁸ è un'APP studiata per comunicare e divulgare alcuni giacimenti preistorici, come Fontana Ranuccio e Coste San Giacomo ubicati nel bacino di Anagni (FR), rispettivamente datati 500.000 e 2.000.000 anni fa, ed i reperti presenti nel Laboratorio IsIPU (Istituto Italiano di Paleontologia) collocato ad Anagni, attraverso tre modalità:

- "realtà aumentata", con visualizzazione sullo schermo del dispositivo smart delle icone geolocalizzate rispetto alla posizione dei reperti paleontologici rinvenuti durante la campagna di scavi. A ogni icona corrisponde una scheda della specie animale a cui i reperti si riferiscono;

- "bolla del tempo", visione con un panorama a 360° dello stato attuale dell'area a cui la "bolla" si riferisce e la ricostruzione fotografica dell'aspetto che il luogo poteva avere 500.000 e 2.000.000 di anni fa;

- "lista/abaco" degli animali cui sono appartenuti i reperti rinvenuti nelle campagne di sca-



9/ Visualizzazione in “realtà aumentata” nel sito di Fontana Ranuccio. Le icone indicano i reperti degli animali rinvenuti e la loro posizione. Digitando l'icona viene richiamata la scheda dell'animale.

Visualisation in 'augmented reality' mode of the Fontana Ranuccio site. The icons indicate the remains of the animals found at the site and their position. The technical sheet of the animal appears by clicking on the icon.

10/ Struttura dati di IsIPU.
IsIPU flowchart.

11/ 12/ Funzione “bolla del tempo” nel sito di Fontana Ranuccio: visualizzazione oggi e nella preistoria.

The 'time bubble' function for the Fontana Ranuccio site: current and prehistoric visualisation.



vo. Selezionando uno specifico animale, la prima visualizzazione è riferita al modello 3D navigabile che ricostruisce l'animale stesso. Il modello 3D può essere ruotato in ogni direzione ed essere esplorato con funzioni di “zoom in” e “zoom out”. È possibile ottenere degli approfondimenti selezionando il tasto “info”, che consente l'accesso a una scheda informativa specifica sulla specie animale e un repertorio iconografico (foto e disegni) che documenta i resti rinvenuti e/o disegni ricostruttivi dell'animale stesso.

Passando alla descrizione del sistema informatico, l'applicazione fornisce contenuti geolocalizzati mediante mappe o realtà aumentata. Il framework di Apple MapKit è utilizzato per presentare le informazioni geo-localizzate sulla mappa rispetto alle quali l'utente può orientarsi riconoscendo la propria posizione su di esse⁹.

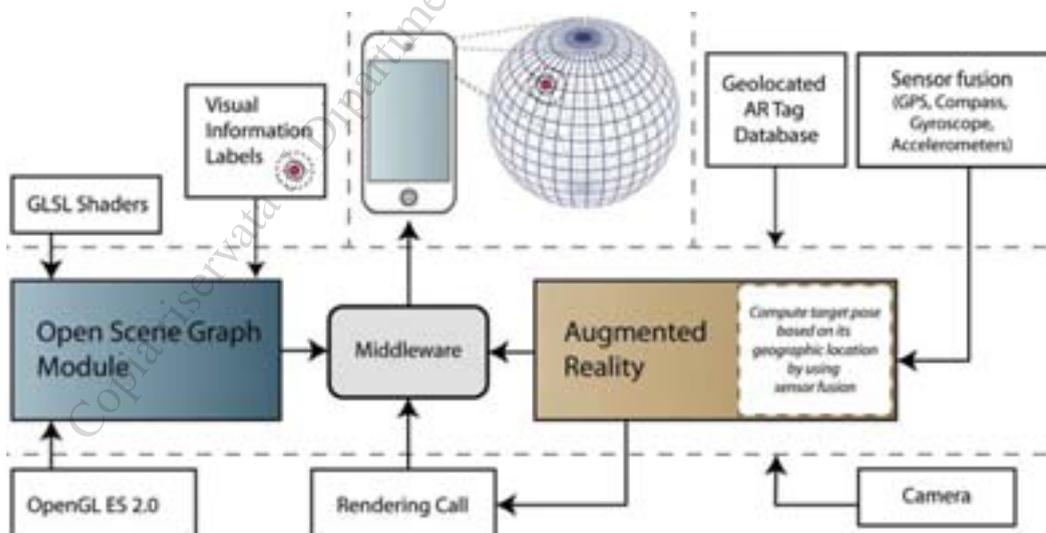
Il senso di localizzazione migliora mediante la funzione di realtà aumentata, che permette agli utenti di visualizzare le etichette informative geolocalizzate direttamente sovrapposte sull'immagine generata dalla fotocamera del dispositivo mobile. Il framework di realtà aumentata fa uso della tecnica di *sensor fusion* usando la bussola, il giroscopio e gli accelerometri integrati nel dispositivo per calcolare una matrice di rotazione del movimento. Questa matrice compensa il movimento di rotazione dell'utente, con l'obiettivo di mantenere le etichette informative geolocalizzate collocate in posizione fissa rispetto a una sfera virtuale, in cui l'utente si trova in posizione fissa centrale. La sfera virtuale può essere immaginata come posizionata nel mondo reale e il suo orientamento è determinato mediante l'uso della bussola. All'interno della sfera virtuale sono attaccate le etichette infor-

user interface). The framework allows interactive rendering of models with over 11,000 vertexes and 30 frames per second (FPS).

IsIPU

IsIPU⁸ is an app developed to communicate and disseminate information about several prehistoric sites in the Anagni basin (Frosinone). These sites, Fontana Ranuccio and Coste San Giacomo, are respectively 500,000 and 2 million years old. The artefacts, housed in the Laboratorio IsIPU in Anagni (Italian Institute of Palaeontology), can be accessed using the three following modes:

- ‘augmented reality’, with a display of the geolocalised icons on the screen of the smart device and the position of the paleontological artefacts found during the excavation campaign. Each icon corresponds to a technical sheet of the animal species to which the artefacts refer;
- ‘time bubble’, a 360° panorama of the current environment to which the ‘bubble’ refers and a photographic reconstruction of the same environment 500,000 and 2 million years ago;
- ‘list/chart’ of the animals whose remains were found during the excavations. When an animal is selected by the user, the first display is a navigable 3D model of the animal. The 3D model can be rotated in all directions and be explored using ‘zoom in’ and ‘zoom out’ functions. More data can be accessed using the ‘info’ key; this provides a data sheet of the animal species and an iconographic repertoire (photo and drawings) documenting the



remains that were found and/or drawings of the animal.

Let's now pass on to the description of the computer system. The app provides geolocalised contents using maps or augmented reality. The Apple MapKit framework was used to present geolocalised data on the map so that the user can use it to find out his/her position.⁹

The augmented reality function improves localisation; it allows users to visualise the geolocalised information tabs superimposed directly on the image provided by the camera in the mobile device. To calculate the matrix of rotation of movement the augmented reality framework exploits the sensor fusion technique using the compass, gyroscope and accelerometers in the device. This matrix compensates the user's rotation movement so that the geolocalised information tabs remain in a fixed position compared to a virtual sphere; hence the user will always be in a fixed central position vis-à-vis the image. The virtual sphere can be imagined as positioned in the real world while the compass determines its direction. The information tabs are located inside the virtual sphere; their position is determined by calculating the angle between the geographical coordinates and the correct position of the user.

A device similar to sensor fusion is used to provide navigation of the panoramic images in the movement-controlled 'time bubble'.

The 'visual information' tabs in augmented reality are created and rendered in runtime mode; they exploit a graphic structure thanks to the use of the OpenSceneGraph bookstore. The Model View matrix establishes how the geolocalised visual information tabs are rendered on the screen, calculated using the rotation matrix which in turn is estimated using the sensor fusion.

The graphic bookstore is designed to function with OpenGL ES 2.0, making it possible to produce complex results using the GLSL shader. An example of this kind of effect is the fade-out between the two textures used in the 'time bubble': one for the past, the other for the present.

When accessing information about a prehistoric animal, a Gaussian blur is applied to the 3D model to create a dynamic

mative, la cui posizione è determinata calcolando l'angolo tra le loro coordinate geografiche e la posizione corrente dell'utente.

Un'idea simile di *sensor fusion* viene utilizzata per creare la navigazione delle immagini panoramiche nella "bolla del tempo" controllata tramite movimento.

Le etichette "informazione visiva" nella realtà aumentata vengono create e renderizzate con modalità *runtime* sfruttando una struttura a grafo permessa dall'uso della libreria OpenSceneGraph. La matrice Model View, che determina come le etichette di informazione visiva geolocalizzate sono renderizzate sullo schermo, viene calcolata tramite la matrice di rotazione, che a sua volta è stimata utilizzando la *sensor fusion*.

La libreria grafica è configurata per funzionare con OpenGL ES 2.0, che permette di raggiungere risultati complessi utilizzando *shader* GLSL. Un esempio di questo tipo di effetto è la dissolvenza tra le due *texture* impiegate nella "bolla del tempo": una per rappresentare il passato, l'altra per rappresentare il presente. Quando si accede alle informazioni sull'animale preistorico, una sfocatura gaussiana viene applicata ai modelli 3D per creare uno sfondo dinamico per il testo della descrizione. Questo è un altro effetto che è stato raggiunto mediante *shader* GLSL. Non c'è limite agli effetti che possono essere ottenuti con gli *shader*, tra cui la possibilità di creare etichette informative 3D animate e geolocalizzate.

La navigazione del modello 3D degli animali preistorici è progettata utilizzando una sorta di manipolatore *trackball*, che viene realizzato mediante la libreria OpenSceneGraph. È possibile ingrandire il modello 3D con un *pinch* (pizzico), spostarlo trascinando due dita e ruotarlo trascinando un dito. Usando un doppio tocco (*tap*) si imposta la vista in prospettiva metrica nella quale si può meglio comprendere la dimensione dell'animale preistorico rispetto a un essere umano.

FrancigenAR+

FrancigenAR+ è un'APP che consente di organizzare sul proprio dispositivo mobile la visita del percorso turistico-religioso della via Francigena meridionale, direttrice via Prenestina-Latina, direttamente e in ogni momento.

13/ Prima schermata di FrancigenAR+.

Initial screen shot of FrancigenAR+

14/ Tutorial nella modalità di visualizzazione "tappa".
Visualisation of the 'leg' mode of the tutorial.



L'APP presenta all'interno un sistema di cartografia georeferenziata dei percorsi, che viene automaticamente riconosciuto dagli smartphone e dai tablet grazie al sistema GPS incorporato e alla bussola presente nei dispositivi stessi che consentono all'utilizzatore di sapere sempre in che punto del percorso si trova e i servizi e/o gli ambiti culturali di interesse presenti nelle immediate vicinanze. Il sistema di realtà aumentata, visualizzabile sul *display* del dispositivo usato (mediante l'u-



15/ Visualizzazione da satellite dei punti d'interesse presenti in una località. Cliccando sulla singola icona viene attivata la scheda riferita all'emergenza selezionata.

Satellite view of the points of interest in a locality. Clicking on an individual icon activates the relative technical sheet.

so della fotocamera) consente, cliccando sulle icone che di volta in volta compaiono sullo schermo, di visualizzare in tempo reale la distanza dei diversi siti d'interesse e di ottenere informazioni aggiuntive sugli stessi.

Il sistema descritto è diffuso e utilizzato a livello internazionale e non necessita di una conoscenza specifica perché di uso intuitivo; è sviluppato in italiano e inglese, anche se le icone previste ne consentono un'immediata riconoscibilità anche da parte di utenti che non conoscono le due lingue.

Nella "home page" o pagina di riferimento è presente una mappa, con indicata l'articolazione del percorso da Acuto a Ripi, tratta dalle *Apple maps* presenti nel dispositivo mobile. Nella barra in alto sono presenti tre pulsanti o aree sensibili che consentono di:

- tornare alla schermata iniziale;
- entrare in modalità realtà aumentata;
- ottenere informazioni sulla tappa selezionata.

Sul lato destro della schermata un menù a tendina, diviso in due parti, può essere trascinato verso sinistra consentendo di selezionare:



- in alto, una specifica tappa, visualizzando i punti di interesse collocati nelle vicinanze;

- in basso, i punti d'interesse che si vogliono visualizzare e che sono organizzati per tematismi. La funzione "realtà aumentata" attiva la fotocamera dello strumento *smart* e consente di visualizzare sul *display* i punti d'interesse, con una doppia modalità di approfondimento:

- i "banner di tappa", di colore rosso, che indicano le località che sono state mappate e i cui dati sono presenti nell'APP;

- scelta una tappa specifica, vengono attivati i punti d'interesse prossimi al visitatore che, a loro volta selezionati, consentono di ottenere maggiori informazioni su ogni singolo sito mappato. Le informazioni sulla tappa selezionata riportano la storia della località e una serie di foto significative che, a loro volta, presentano una doppia modalità di visualizzazione: 2014 e foto storica, riferite al medesimo punto di vista. Il passaggio dall'una all'altra è possibile facendo scorrere il dito sulla foto da destra a sinistra, o viceversa. Cliccando su un singolo sito, presente nella mappa di dettaglio, si attivano alcune possibilità d'interazione/visualizzazione:

- la navigazione con automobile fino a quel punto (attivando così la modalità navigazione dello strumento *smart*);

- la visualizzazione di una scheda informativa del sito;

- la panoramica a 360° relativa all'emergenza selezionata.

Lo sviluppo futuro della ricerca

La ricerca e lo sviluppo delle APP sui Beni Culturali realizzate dal Laboratorio di Studi Visuali e Digitali in Architettura è per certi versi ancora in una fase "pionieristica", poiché è ridotto il numero di APP strutturate con le modalità sopra descritte, in termini di dati e di flusso di informazioni da gestire.

Lo sviluppo futuro dei sistemi di AR viene definito da alcuni studiosi¹⁰ *Augmented Reality* 2.0, una combinazione dei termini *Augmented Reality* e Web 2.0. Come per i sistemi di AR su strumenti *smart*, il Web 2.0 è di recente sviluppo e la principale differenza con il Web 1.0 risiede nella possibilità di consentire agli utilizzatori di creare contenuti web, oltre a incoraggiare il "social networking". Al

background for the descriptive text, an effect created thanks to the GLSL shader. The shader can create endless effects, including the possibility to generate animated and geolocalised 3D information tabs.

The OpenSceneGraph bookstore was used to create a sort of trackball manipulator thereby allowing navigation of the 3D model of prehistoric animals. Pinching the 3D model will enlarge the image which can also be moved using two fingers or rotated using one finger. Two taps will turn the view into a metric perspective so that the user can fully understand the size of the prehistoric animal compared to a human being.

FrancigenAR+

FrancigenAR+ is an app allowing users to use their own mobile device to access the tourist/religious southern Francigena route along the Via Prenestina to Latina. This can be done directly and at any moment.

The app has a georeferenced map system of the routes automatically recognised by smartphones and tablets thanks to the GPS system and compass incorporated in the device. They allow the user to always know where he/she is along the route and find services and/or interesting cultural sites in the immediate vicinity.

Thanks to the camera the augmented reality system can be visualised on the display of any device. By clicking on the icons that appear on the screen the user can visualise in real time how far away he/she is from these sites of interest and obtain more information.

This popular system is used the world over and does not require specific skills because it is intuitive; it has been developed in Italian and English, even if the icons are immediately recognisable even by users who do not speak either language.

A map on the 'home page' or reference page indicates the route from Acuto to Ripi, extracted from the Apple maps already in the mobile device.

Three keys or sensitive areas are present on the upper space bar; they allow the user to:

- go back to the welcome page;
- access the augmented reality mode;
- access information about the selected route.

To the right of the screen a dropdown menu,

divided into two parts, can be dragged to the left. This menu allows the user to select:

- at the top, a specific leg of the route, visualising points of interest in the immediate vicinity;
- at the bottom, points of interest the user wishes to visualise; these points are organised according to specific topics.

The 'augmented reality' function activates the camera of the smart device and allows the points of interest to be displayed. There are two ways to obtain more in-depth information:

- the red 'leg banners' indicating the places that have been mapped and relative data inserted into the app;
- choosing a specific leg; the points of interest closest to the visitor are activated; once these POIs are selected more information is provided about every single mapped site. Information about the chosen leg includes the history of the locality and several important photos which in turn can be viewed in two ways: 2014 and historical photos referring to the same viewpoint. The user can pass from one to the other by moving his/her finger from left to right or vice versa.

Clicking on an individual site in the detailed map activates several interaction/visualisation options:

- navigation with a car to that particular point (activating the navigation mode of the smart device);
- visualisation of an information sheet about the site;
- a 360° panorama of the selected site.

Future development of the research

In some ways, the research and development of Cultural Heritage apps by the Laboratory of Visual and Digital Studies in Architecture is still in a 'pioneering' stage. There are very few apps with the aforementioned modes in terms of data management and information flow. Future development of AR systems has been defined by some scholars¹⁰ as Augmented Reality 2.0, a combination of the term Augmented Reality and Web 2.0. Like the AR systems on smart tools, Web 2.0 was developed only recently; the main difference with Web 1.0 is the possibility for users to create web

contrario, la tecnologia originaria del Web 1.0 era prevalentemente impostata in maniera unidirezionale, dove poche persone realizzavano i contenuti mentre la maggior parte degli utilizzatori accedeva alle informazioni senza poterle creare o modificare. L'avvento del Web 2.0 sostanzialmente cambia il modo in cui le persone usano Internet, consentendo di modificare il materiale presente su web, aprendo la strada a servizi basati sulla partecipazione degli utilizzatori, come Flickr, YouTube e Facebook, tra molti altri.

In modo simile l'obiettivo dell'AR 2.0 è di consentire la condivisione delle esperienze AR su strumenti *smart*, permettendo lo sviluppo della creatività, la collaborazione, la comunicazione e la informazione. Allo stato attuale solo Wikitude¹¹ consente di realizzare e gestire l'AR 2.0, consentendo agli utilizzatori di inserire informazioni personalizzate sui luoghi e servizi collocati nel mondo reale che li circonda. Le informazioni possono essere condivise con un gruppo ristretto di amici o divulgate in maniera aperta.

1. Prof. Tommaso Empler, prof. Simona Benedetti, prof. Elena Ippoliti, prof. Fabio Quici, dott. Francesco Madonna e dott. Giacomo Zilocchi. In particolare, nello sviluppo delle APP per strumenti smart fondamentale è l'apporto di alcuni ricercatori del Dipartimento di Ingegneria Informatica, Automatica e Gestionale "Antonio Ruberti", che ne hanno consentito lo sviluppo dal punto di vista della programmazione e realizzazione del software.

2. Azuma 1997.

3. <www.t-immersion.com> [maggio 2015].

4. <www.metaio.com> [maggio 2015].

5. Scaricabili gratuitamente da iTunes. Nervar: <<https://itunes.apple.com/it/app/nervar/id588176611?mt=8>> [maggio 2015]. Isipu: <<https://itunes.apple.com/it/app/isipu/id743901181?mt=8>> [maggio 2015]. FrancigenAR+: <<https://itunes.apple.com/it/app/francigenar+/id828960385?mt=8>> [maggio 2015].

6. Gli sviluppatori sono l'ing. Giovanni Murru con il dott. Giacomo Zilocchi. È questa un'interessante collaborazione interfacoltà e interdipartimento tra il Corso di Laurea Magistrale in Design, Comunicazioni Visive e Multimediale della Facoltà di Architettura e il Corso di

Laurea Magistrale in Intelligenza Artificiale e Robotica della Facoltà di Ingegneria Informatica, e tra il Dipartimento di Storia, Disegno e Restauro dell'Architettura e il Dipartimento di Ingegneria Informatica Automatica e Gestionale "Antonio Ruberti", Sapienza Università di Roma.

7. La parte sulla descrizione del sistema informatico è dell'ing. Giovanni Murru.

8. IsIPU è un APP realizzata con il contributo del finanziamento del Progetto MIUR Diffusione Cultura (Legge 6/2000) D.D. 369/Ric. del 26/06/2012 con il Patrocinio dell'Assessorato alla Cultura della Regione Lazio, progetto "Valorizzazione 'Fisica' e 'Virtuale' dei giacimenti preistorici del bacino di Anagni". Il risultato è ottenuto anche nell'ambito della ricerca di Ateneo Sapienza Università di Roma, anno 2012, "Augmented Reality for Cultural HEritage (ARCHE)"; responsabile della ricerca, Sapienza Università di Roma: Andrea Vitaletti, Dipartimento di Ingegneria Informatica Automatica e Gestionale Antonio Ruberti; responsabili scientifici dei dati del progetto della "valorizzazione fisica", Istituto Italiano di Paleontologia Umana (IsIPU), Sapienza Università di Roma: Luca Bellucci, IsIPU, e Raffaele Sardella, Dipartimento di Scienze della Terra; responsabili scientifici della realizzazione del progetto della "valorizzazione virtuale", Sapienza Università di Roma: Tommaso Empler e Fabio Quici, Dipartimento di Storia, Disegno e Restauro dell'Architettura, Laboratorio di Studi Visuali e Digitali in Architettura, e Marco Fratarcangeli, Dipartimento di Ingegneria Informatica Automatica e Gestionale Antonio Ruberti; responsabile dello sviluppo software, Sapienza Università di Roma: Giovanni Murru, Dipartimento di Ingegneria Informatica Automatica e Gestionale Antonio Ruberti; responsabile della progettazione modelli 3D degli animali, Archimedes181 Srl: Daniele Raffaelli e Giacomo Zilocchi; responsabile dell'*editing* grafico e multimediale, Archimedes181 Srl: Francesco Madonna e Giacomo Zilocchi.

9. La parte sulla descrizione del sistema informatico è dell'ing. Giovanni Murru.

10. Schmalstieg, Langlotz, Billinghurst 2011.

11. <<http://www.wikitude.com/>> [maggio 2015].

contents as well as encourage 'social networking'. On the contrary, the original Web 1.0 technology was mainly unidirectional: only a few people created the contents and while most users could access the information they could not create or modify them. In essence the advent of Web 2.0 changed the way we use the internet; we can change the material on the web and pave the way for services based on user participation, e.g., Flickr, YouTube, Facebook, etc. Likewise, the objective of AR 2.0 is to allow people to share their AR experience on smart devices; this inspires creativity and leads to collaboration, communication and information. Currently AR 2.0 can only be created and managed using Wikitude,¹¹ but it does allow users to insert personal information about real world places and services. This information can be shared either with a small circle of friends or the public at large.

1. Prof. Tommaso Empler, Prof. Simona Benedetti, Prof. Elena Ippoliti, Prof. Fabio Quici, Arch. Francesco Madonna and Arch. Giacomo Zilocchi. In particular, when developing apps for smart devices the input by several researchers at the Department of Computer, Control and Management Engineering 'Antonio

Ruberti' was extremely important. They focused on programming and developing the software.

2. Azuma 1997.

3. <www.t-immersion.com> [May 2015].

4. <www.metaio.com> [May 2015].

5. Free download on iTunes. Nervar: <<https://itunes.apple.com/it/app/nervar/id588176611?mt=8>> [May 2015]. Isipu: <<https://itunes.apple.com/it/app/isipu/id743901181?mt=8>> [May 2015]. FrancigenAR+: <<https://itunes.apple.com/it/app/francigenar+/id828960385?mt=8>> [May 2015].

6. The developers are Eng. Giovanni Murru and Arch. Giacomo Zilocchi. This is an interesting collaboration between faculties and departments: between the Master's Degree Course in Design, Visual and Multimedia Communications at the Faculty of Architecture and the Master's Degree Course in Artificial and Robotic Intelligence at the Faculty of Computer Engineering, and between the Department of History, Drawing and Restoration of Architecture and the Department of Computer, Control and Management Engineering 'Antonio Ruberti', Sapienza University of Rome.

7. Eng. Giovanni Murru provided the description of the computer system.

8. IsIPU is an app developed with financing by the Progetto MIUR Diffusione Cultura (Legge 6/2000) D.D. 369/Ric. dated 26/06/2012 and under the Patronage of

the Dept. of Culture of the Regione Lazio. The project was entitled 'Physical and Virtual Enhancement of the prehistoric sites in the Anagni basin'. The results were also part of the research by Sapienza University of Rome, Year 2012, 'Augmented Reality for Cultural Heritage (ARCHE)'; Research Director, Sapienza University of Rome: Andrea Vitaletti, Dept. of Computer, Control and Management Engineering Antonio Ruberti; Scientific Director of the data of the 'physical enhancement' project, Italian Institute of Human Palaeontology (IsIPU), Sapienza University of Rome: Luca Bellucci, IsIPU, and Raffaele Sardella, Dept. of Earth Sciences; Scientific Directors responsible for the implementation of the 'virtual enhancement' project, Sapienza University of Rome: Tommaso Empler and Fabio Quici, Dept. of History, Drawing and Restoration of Architecture, Laboratory of Visual and Digital Studies in Architecture, and Marco Fratarcangeli, Dept. of Computer, Control and Management Engineering Antonio Ruberti; Director responsible for software development, Sapienza University of Rome: Giovanni Murru, Dept. of Computer, Control and Management Engineering Antonio Ruberti; Director of the design of the 3D models of the animals, Archimedes181 Srl: Daniele Raffaelli and Giacomo Zilocchi; Director responsible for graphic and multimedia editing, Archimedes181 Srl: Francesco Madonna and Giacomo Zilocchi.

9. The part describing the computer system is by Eng. Giovanni Murru.

10. Schmalstieg, Langlotz, Billinghurst 2011.

11. <<http://www.wikitude.com/>> [May 2015].

References

- Appiano Ave. 1996. *Comunicazione visiva. Apparenza, realtà, rappresentazione*. Torino: UTET Libreria, 1996. 220 p. ISBN: 88-7750-372-6.
- Arthur Paul, Passini Romedi. 1992. *Wayfinding: People, Signs and Architecture*. New York: McGraw-Hill, 1992. 260 p. ISBN: 00-7551-016-2.
- Azuma Ronald T. 1997. A Survey of Augmented Reality. *Presence: Teleoperators and Virtual Environments*, 6, 4, 1997, pp. 355-385.
- Carmigniani Julie, Furht Borko, Anisetti Marco, Ceravolo Paolo, Damiani Ernesto, Ivkovic Misa. 2011. Augmented reality technologies, systems and applications. *Multimedia Tools and Applications*, 51, 1, 2011, pp. 341-377.
- Choudary Omar, Charvillat Vincent, Grigoras Romulus, Gurdjos Pierre. 2009. March: mobile augmented reality for cultural heritage. In *Proceedings of the 17th ACM international Conference on Multimedia*. New York: ACM, 2009, pp. 1023-1024.
- Empler Tommaso. 2012. *Grafica e comunicazione ambientale. Nuovi ambiti rappresentativi nell'architettura contemporanea*. Roma: DEI, 2012. 224 p. ISBN: 978-88-4960-473-3.
- Empler Tommaso, Fratarcangeli Marco, Murru Giovanni, Zilocchi Giacomo. 2013. Nervar. La realtà aumentata nella fruizione dei beni culturali. *TSport*, 292, 2013, pp. 62-65.
- Empler Tommaso, Fratarcangeli Marco, Murru Giovanni. 2013. Practical Augmented Visualization on Handheld Devices for Cultural Heritage. In *Proceedings of WSCG 2013. 21st International Conference in Central Europe on Computer Graphics, Visualization and Computer Vision*. Plzen (CZE): Union Agency, 2013, pp. 97-103.
- Gordon Bob, Gordon Maggie. 2002. *Grafica digitale*. Modena: Logos, 2002. 224 p. ISBN: 88-7940-199-8.
- Kepes Gyorgy. 1971. *Il linguaggio della visione*. Bari: Edizioni Dedalo, 1971. 256 p. ISBN: 978-88-2200-402-4.
- Massironi Manfredo. 1999. *Vedere con il disegno*. Padova: Franco Muzzio Editore, 1999. 189 p. ISBN: 88-7021-916-X.
- Papagiannakis George, Schertenleib Sébastien, O'Kennedy Brian, Arevalo-Poizat Marlene, Magnenat-Thalmann Nadia, Stoddart Andrew, Thalmann Daniel. 2005. Mixing virtual and real scenes in the site of ancient Pompeii. *Computer Animation and Virtual Worlds*, 16, 1, 2005, pp. 11-24.
- Schmalstieg Dieter, Langlotz Tobias, Billinghurst Mark. 2011. *Augmented Reality 2.0. Virtual Realities*. Vienna: Springer, 2011, pp. 13-37.

Luca Cipriani, Filippo Fantini

Modelli digitali da *Structure from Motion* per la costruzione di un sistema conoscitivo dei portici di Bologna

Structure from Motion digital models to develop a cognitive system of the porticoes in Bologna

New generation photogrammetry is based on extremely automated processes used to obtain polygonal models mapped with apparent colour textures. However, to obtain multifunctional 3D digital assets capable of documenting and successfully illustrating built heritage specific actions have to be performed to improve the metric, topological and chromatic aspect synthesised by these representations. A recent study on the porticoes in Bologna was performed to create a cognitive system based on 3D digital models. The study made it possible to develop an operative framework capable of not only solving some of the main problems of mesh models produced using Structure from Motion, but also optimising the results and assessing – from various angles – the reliability of these techniques at the urban scale.

Key words: digital models, photogrammetry, parametrisation, texturing, shadow removal.

Scope and objectives

Dissemination (portability, photo-realistic interactive fruition) and science (reliable metric documentation, cognitive-oriented semantic structuration) were behind the objectives of the study¹ to obtain extremely detailed meshes of porticoed buildings using passive sensors.² Reconciling these two aspects is, as we all know, a very difficult task because it requires multiple skills and expertise in several fields: mesh processing, colour processing and entertainment.³ As a result procedures to improve the models have to be developed in order to obtain metrically reliable results that are digitally smaller in size and yet perceptively accurate. In this field the huge improvements in software automatism based on Structure from Motion (SfM) are simplifying the actions hitherto required to obtain perfectly mapped, reality-based models usable in several different operative contexts. Parametrisation and automatic blending of the frames are the key to this simplification. Parametrisation, often confused with, or at least superimposed on the term 'UV mapping', involves converting a 3D model into a 2D reference called 'parameter space' that can be considered a 'pseudo development'. It is used to project a bitmap image (mapping) onto the model, covering the entire mesh surface. In image-based modelling programmes this image is the result of blending the frames used to create the geometric form of the object.

La fotogrammetria di nuova generazione si basa su processi fortemente automatizzati finalizzati a ottenere modelli poligonali, mappati con texture del colore apparente. Tuttavia per ottenere asset digitali 3D polifunzionali, in grado di documentare e illustrare efficacemente il patrimonio costruito, è necessario svolgere specifiche azioni per migliorare gli aspetti metrici, topologici e cromatici sintetizzati da tali rappresentazioni. Una recente ricerca sui portici di Bologna, finalizzata a costruire un sistema conoscitivo basato su modelli digitali 3D, ha consentito di mettere a punto un framework operativo capace di risolvere alcuni fra i principali problemi dei modelli mesh prodotti mediante SfM, ottimizzando i risultati ottenuti e valutando – da diversi punti di vista – l'affidabilità di queste tecniche alla scala urbana.

Parole chiave: modelli digitali, fotogrammetria, parametrizzazione, texturing, shadow removal.

Ambiti di indagine e obiettivi

Le *mesh* ad alto dettaglio degli edifici porticati, ottenute attraverso sensori passivi¹, hanno una duplice finalità: scientifica da un lato – documentazione metrica affidabile, strutturazione semantica a fini conoscitivi – e divulgativa dall'altro – portabilità, fruizione interattiva foto-realistica².

Conciliare questi due ambiti è notoriamente un compito assai arduo poiché implica competenze approfondite e diversificate su vari fronti: dal *mesh processing*, al *colour processing*, all'*entertainment*³. Risulta quindi necessario mettere a punto delle procedure di affinamento dei modelli ottenuti per ottenere un risultato metricamente affidabile, di ridotta dimensione digitale e al tempo stesso corretto in termini percettivi.

In questa direzione di ricerca gli automatismi dei software basati su *Structure from Motion* (SfM), con i continui avanzamenti che ormai da anni li contraddistinguono, stanno semplificato l'articolata serie di azioni fino a poco tempo fa necessarie per ottenere modelli *reality-based* perfettamente mappati e impiegabili in molteplici contesti operativi.

La parametrizzazione e il *blending* automatico dei fotogrammi sono i processi artefici di questa semplificazione: la parametrizzazione, spesso confusa o quantomeno sovrapposta al termine "mappatura UV", si occupa di convertire un modello nelle tre dimensioni in un riferimento bidimensionale – chiamato "spazio parametro" – che può essere considerato uno "pseudo sviluppo" e viene impiegato per proiettare sul modello un'immagine *bitmap* (mappatura) che avvolgerà l'intera superficie *mesh*. Questa immagine nei programmi di modellazione *image-based* è il prodotto della miscelazione (*blending*) dei vari fotogrammi impiegati in

fase di costruzione della forma geometrica dell'oggetto.

I "corollari" che scaturiscono dall'automazione di queste due operazioni riguardano vari aspetti: in prima analisi, e in termini pratici, si può affermare che il tempo necessario al loro espletamento risulta assai ridotto, poiché non è più necessario adottare numerosi applicativi ed eseguire svariati *import-export*. Ma soprattutto le potenzialità correlate all'automazione si spingono verso un tema di tipo teorico che consiste nel rendere riproducibile una serie di passaggi che un tempo richiedevano un'elevata professionalità da parte degli operatori, con anche una buona dose di empirismo. Le prolungate sessioni di *UV mapping*, così come la fusione di più fotogrammi in applicativi per l'*editing bitmap*, non possono considerarsi operazioni "scientifiche" rispetto a un quadro metodologico che pretende di stabilire processi ottimizzati e standardizzati.

Nel presente contributo si esamineranno tre aspetti che nel loro insieme formano parte di una procedura sviluppata per risolvere problemi intrinseci al rilevamento dei portici e in grado di fornire modelli digitali attendibili metricamente, di facile gestione e visivamente efficaci.

Il primo riguarda le procedure per la messa in scala e la verticalizzazione delle *maquette* virtuali da fotogrammetria automatica, poiché è indispensabile stabilire soglie di precisione e accuratezza metrica da associare ai modelli digitali. Il secondo è relativo alla qualità topologica e geometrica di *mesh* poligonali in rapporto alla loro parametrizzazione: in particolare si affronterà il tema di come, modificando la struttura della *mesh* 3D se ne possa ottenere un più efficace pseudo-sviluppo. L'ultimo aspetto riguarda le *texture* e la simula-

1/ I RAD coded target rappresentano la soluzione più rapida ed efficace per scalare e orientare i modelli digitali image-based.

The RAD coded targets are the quickest and most efficient solution to scale and orient image-based digital models

2/ RAD coded target applicati all'edificio campione di via delle Lame rilevati topograficamente.

RAD coded target applied to the topographically surveyed sample building in Via delle Lame

3/ Oltre ai target codificati anche cornici e mensole sono stati rilevati topograficamente.

Apart from the coded targets, we topographically surveyed cornices and brackets

zione del rapporto luce-materiali (*Bidirectional Reflectance Distribution Function*, BRDF), e nel dettaglio modi e procedure per mitigare il così detto effetto di “doppia ombra” presente nei modelli da SfM una volta sottoposti a *rendering*.

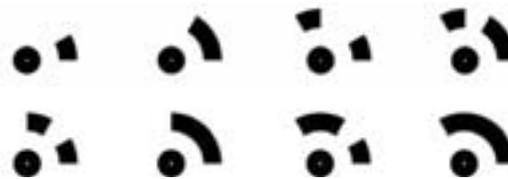
Modello e misura

Nella valutazione dell'affidabilità metrica ottenibile con applicativi *image-based* risulta prioritario comprendere come avvenga l'integrazione del modello con i dati provenienti da sensori attivi, o più in generale con l'insieme delle misurazioni effettuate.

Lo studio è stato eseguito utilizzando come strumento di riferimento Agisoft Photoscan⁴, software stato dell'arte per la fotogrammetria automatica, che peraltro durante la sperimentazione ha visto un continuo evolversi del comparto dedicato al controllo degli errori. In linea generale il software consente una valutazione interna circa l'aderenza del modello rispetto alle coordinate dei punti misurati con il rilievo di appoggio. Il ruolo di queste coordinate, oltre a interessare la scala del modello e la sua verticalizzazione, si estende anche all'orientamento interno della fotocamera, poiché questi parametri sono coinvolti nella compensazione delle deformazioni non lineari presenti nella nuvola rada⁵ (operazione di ottimizzazione). L'ottimizzazione serve quindi per raffinare la soluzione iniziale fornita dal programma e basata su valori approssimati dei parametri di calibrazione inclusi nelle foto, che a seguito dell'allineamento possono essere sensibilmente migliorati anche grazie alle coordinate dei punti topografici.

Per valutare l'affidabilità metrica si è deciso di impiegare uno stesso set di immagini per generare diversi modelli dello stesso manufatto⁶. Ciascuno di essi è il prodotto di un calcolo distinto, basato su un diverso “grado di vincolo” rispetto all'insieme di misurazioni eseguite, ma anche su una differente distribuzione dei punti misurati sulla superficie dell'oggetto.

Se la qualità metrica dei punti rilevati è ovviamente fondamentale, altrettanto lo è il valore dell'incertezza dovuta alle modalità di identificazione di questi sulle foto: per facilitare tale operazione sono stati implementati,



nelle più recenti versioni dell'applicativo impiegato, i RAD coded target (fig. 1), che vengono identificati e nominati automaticamente via software senza ricorrere a operazioni manuali, generalmente più aleatorie.

Tipicamente si sono utilizzati anche punti significativi dell'edificio – collocati in zone nelle quali, per motivi logistici, non è possibile apporre target – introducendo ulteriori markers all'interno dell'applicativo (figg. 2, 3, 4).

Un edificio di via della Lame è stato scelto per eseguire i test sulla qualità metrica del modello: 19 target (6 coded e 13 punti naturali) misurati topograficamente sono stati abilitati e disabilitati affinché attraverso una permuta-

Automation of these two operations has several important effects. Firstly in practical terms; the procedure is much quicker because less apps are needed and multiple import-export operations are unnecessary. But more importantly the potential provided by this automation has a theoretical implication: it's possible to reproduce a series of steps which once required expert operators as well as a large dose of empiricism. Long UV mapping sessions and the fusion of several frames in bitmap editing apps cannot be considered 'scientific' operations compared to a methodology presuming to establish optimised and standardised processes. This paper will examine three aspects which are part of a procedure developed not only to solve problems relating to the survey of porticoes, but also to provide metrically reliable, easy-to-manage and visually effective digital models.

The first involves procedures to scale and verticalise virtual maquettes based on automatic photogrammetry since it's crucial to establish thresholds of metric precision and accuracy to be used with the digital models. The second refers to the topological and geometric quality of the polygonal meshes vis-à-vis their parametrisation: in particular, we will discuss the issue of how to obtain more efficient pseudo-development by modifying the structure of the 3D mesh. This involves textures, the simulation of the light-material relationship (Bidirectional Reflectance Distribution Function, BRDF) and, more in detail, the methods and procedures required to mitigate the so-called 'double shadow' effect in SfM models after rendering.

Model and measurement

To assess the metric reliability obtained using image-based apps it's important to understand how data from active sensors or, more in general, from all the measurements can be integrated into the model.

The study was carried out using Agisoft Photoscan⁴ as a reference tool. The error control mechanism of this state-of-the-art automatic photogrammetry software was continually upgraded during our experiment. Generally speaking, the software makes it possible to internally assess whether or not the model

4/ Le differenti tipologie di target messe in evidenza sul modello a nuvola di punti rada.
The different types of targets highlighted on the sparse points cloud model.

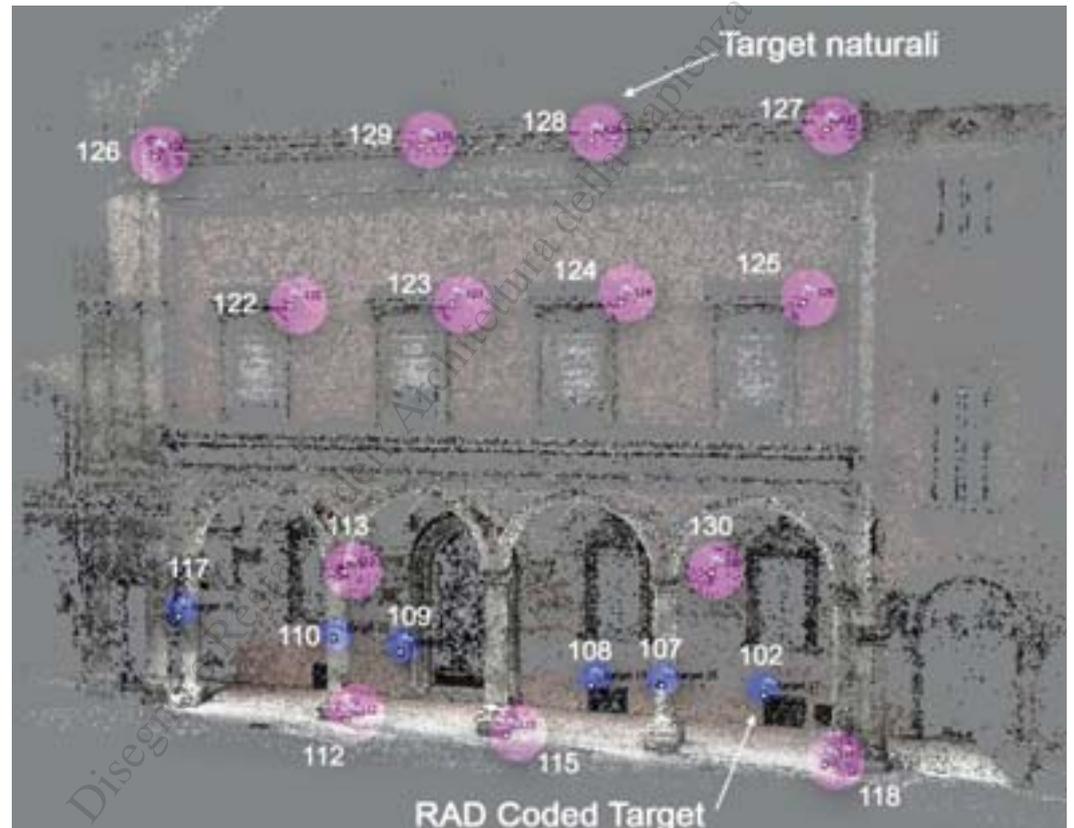
corresponds to the coordinates of the points measured by the backup survey. The role of these coordinates influences the scale of the model, its verticalisation and the internal orientation of the camera since these parameters compensate the nonlinear deformations present in the sparse points cloud⁵ (optimisation operation).

Optimisation is required to improve the initial solution provided by the programme that exploits the rough values of the calibration parameters in the photos. After alignment, the parameters can be significantly improved thanks to the coordinates of the topographic points. To assess metric reliability we decided to use the same set of images to generate different models of the same building.⁶ Each model was based on separate calculations and a different 'degree of constraint' compared not only to the overall measurements, but also to a different distribution of the points measured on the surface of the object.

We know that the metric quality of the surveyed points is crucial, but so is the value of uncertainty caused by the way they are identified on the photos: to make this operation easier, RAD coded targets were used in the more recent versions of the aforementioned app (fig. 1). These targets are automatically identified and named by the software without resorting to manual operations, usually more random.

In general we used significant points of the building – in places where for logistic reasons we could not place targets – and introduced more markers in the app (figs. 2, 3, 4). To test the metric quality of the model we chose a building in Via della Lame: 19 topographically measured targets (6 coded and 13 natural points) were enabled and disabled so that thanks to a permutation we could understand how they affected the models. The results provided a range of possibilities. Extreme cases are: the virtually most reliable model in metric terms, produced by enabling all the targets, and the scaled model based on a single measurement and not subject to compensation by the camera's internal parameters (automatically obtained from the set of photos during optimisation).

We made four different assessments: error (in meters); the mean quadratic difference in



zione fosse possibile comprenderne l'incidenza sui modelli.

I risultati coincidono con un gradiente di possibilità i cui casi estremi sono il modello virtualmente più attendibile in termini metrici, prodotto mediante l'abilitazione della totalità dei target, e il modello scalato in base ad una sola misura e non sottoposto alla compensazione dei parametri interni della fotocamera (ottenuti in forma automatica dal set di foto nella fase di ottimizzazione).

Le valutazioni svolte sono di quattro tipi: l'errore (in metri) e lo scarto quadratico medio di ri-proiezione (in pixel) sui markers, la deviazione fra le differenti mesh espressa attraverso una color-bar opportunamente tarata, infine una valutazione dello scostamento fra sezioni specifiche.

Una serie di valutazioni è stata eseguita controllando direttamente l'affidabilità metrica dei markers.

La prima considerazione riguarda le due categorie di target (RAD Coded, naturali) che pre-

sentano errori – sia espressi in metri che in pixel – molto diversi, con differenze quasi corrispondenti ad un ordine di grandezza. Da tale disomogeneità di risultati deriva la necessità di un attento controllo dei dati, soprattutto nella fase di ottimizzazione del modello dove occorre impostare l'accuratezza dei *Ground Control Settings* (GCS). In linea di massima i valori di accuratezza preimpostati tengono conto delle differenti categorie di sensori adottati nelle misurazioni, e variano a seconda che i dati provengano da GPS, rilevamento topografico e diretto; inoltre è presente un parametro di pesatura complessiva di tali valori (*Tie Point Accuracy*, TPA).

I confronti eseguiti evidenziano come la disomogeneità sugli errori porti alla generazione di considerevoli alterazioni della forma dei modelli finali, che non è possibile compensare neanche attraverso la pesatura consentita dal parametro TPA.

Inoltre è possibile rilevare come, in via generale, gli errori sui markers – sia in metri che in

5/ (a) Modello scalato e orientato impiegando 6 coded target. (b) Modello ottenuto con Photoscan 0.9 abilitando i 6 coded target e i 13 naturali. (c) Modello ottenuto con Photoscan 1.0.4 abilitando i 6 coded target e i 13 naturali. (a) Scaled and oriented model using 6 coded targets. (b) Model created using Photoscan 0.9 enabling 6 coded and 13 natural targets. (c) Model created using Photoscan 1.0.4 enabling 6 coded and 13 natural targets.

6/ (a) Confronto fra il modello orientato, scalato e ottimizzato con i coded target e un modello non ottimizzato e scalato mediante una misura. (b) Modello da coded target confrontato con quello da una sola misura e ottimizzato. (a) Comparison between the oriented and scaled model optimised with the coded targets and a non-optimised model scaled using a measurement. (b) Model from a coded target compared to one with a single measurement and optimised.

pixel – diminuiscono sensibilmente dopo l’ottimizzazione del modello⁷ (fig. 5): il confronto fra *mesh* dimostra poi che questa fase costituisce la vera discriminante per l’ottenimento di modelli adatti alla documentazione attendibile di un manufatto.

Infine lo studio ha messo in evidenza come i recenti avanzamenti dell’applicativo utilizzato abbiano ridimensionato l’importanza del parametro generale di pesatura dell’affidabilità delle misurazioni (TPA) e al tempo stesso ridotto le alterazioni della forma evidenziate in figura 5, caso b.

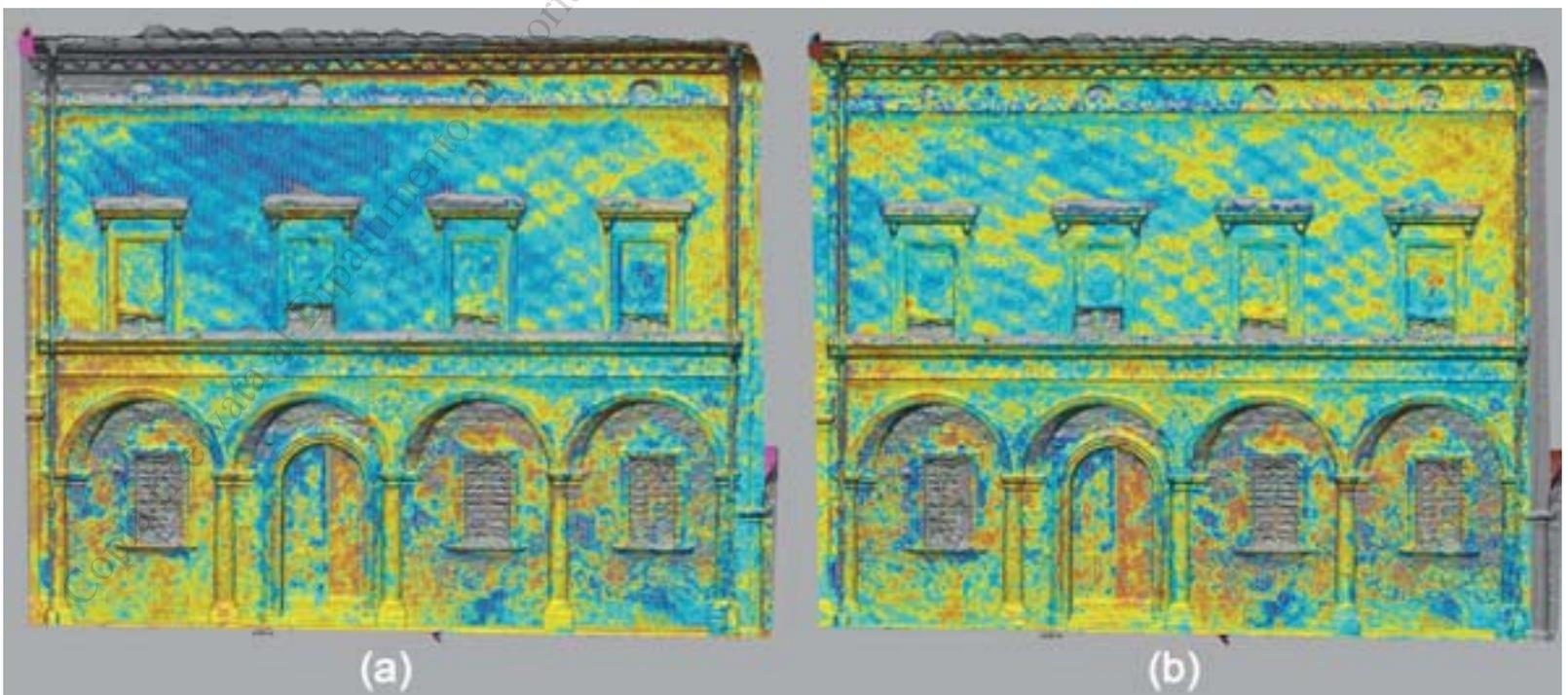
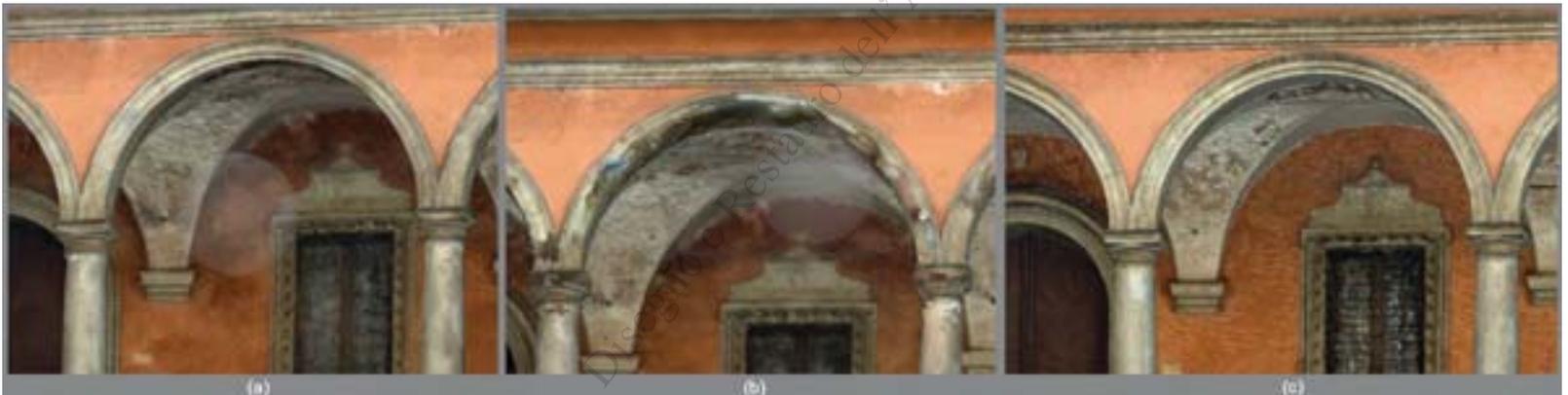
È stata poi eseguita una serie di valutazioni sulla deviazione fra superfici *mesh*, in modo da estendere dai singoli punti alle intere superfici le considerazioni metriche precedenti e quindi valutare l’incidenza dei *target* sull’affidabilità complessiva dei modelli (fig. 6a, deviazione media: 0,3259 mm; 69,5% dei campioni compreso fra -1,6155 e 2,2673 mm; fig. 6b, deviazione media: -0,1384 mm; 73,71% dei campioni risulta compreso fra -1,8345 e 1,5576 mm).

Questo raffronto ha inoltre consentito di individuare le zone critiche da sottoporre a un ul-

reprojection (in pixel) on the markers; the deviation between the different meshes expressed using a suitably calibrated colour-bar; and, finally, assessment of the difference between specific sections.

We performed a series of assessments by directly checking the metric reliability of the markers.

Our first consideration involves the two categories of targets (RAD coded and natural); the latter present very different errors, both in metres and pixels, with differences that almost correspond to a whole figure. Since the results were so diverse, the data needs to be accurately



7/ (a) Confronto fra modello orientato, scalato e ottimizzato con i coded target e un modello non ottimizzato e scalato mediante una misura. (b) Modello da coded target confrontato con quello basato su una sola misura e ottimizzato. (c) Deviazione fra punto topografico 122 corrispondente allo spigolo A prima e dopo l'ottimizzazione (A^1 e A^2).

(a) Comparison between the oriented and scaled model optimised with the coded targets and a non-optimised model scaled using a measurement. (b) Model from the coded target compared to the model based on a single measurement and

optimised. (c) Deviation between topographic point 122 corresponding to corner A before and after optimisation (A^1 and A^2).

8/ (a), (b) Confronto eseguito nella zona di attacco fra volta a crociera e arco. L'ottimizzazione apporta delle sostanziali variazioni alla forma del modello. (c) Deviazione fra il punto topografico 110 corrispondente a un coded target apposto alla colonna del portico e il punto B prima e dopo l'ottimizzazione (B^1 e B^2).

(a), (b) Comparison in the area where the groin vault and arch

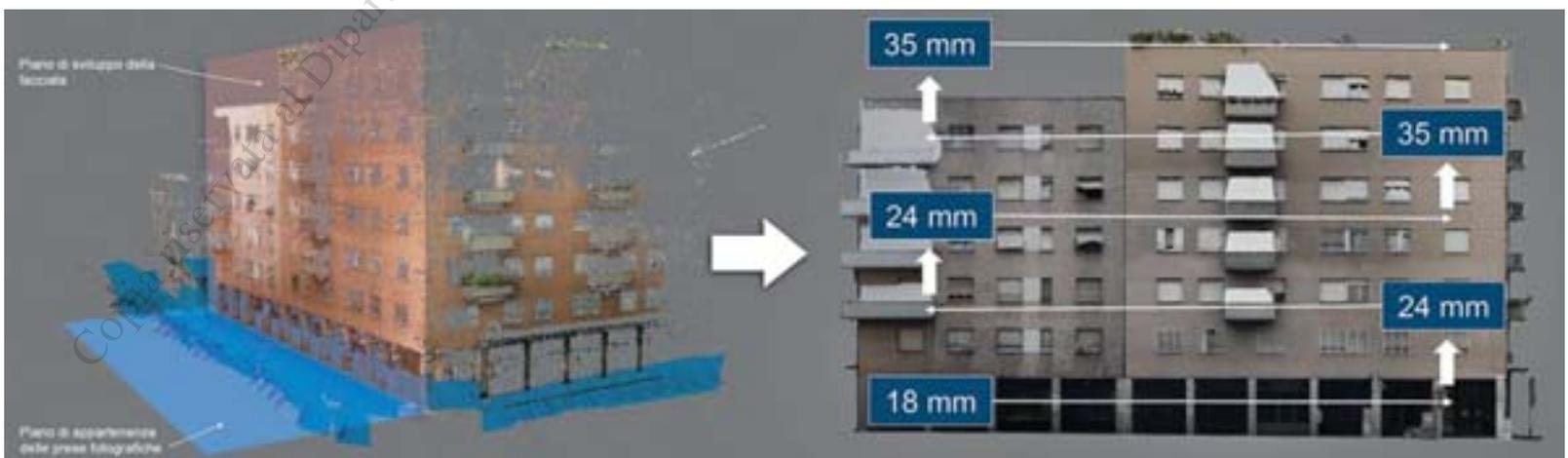
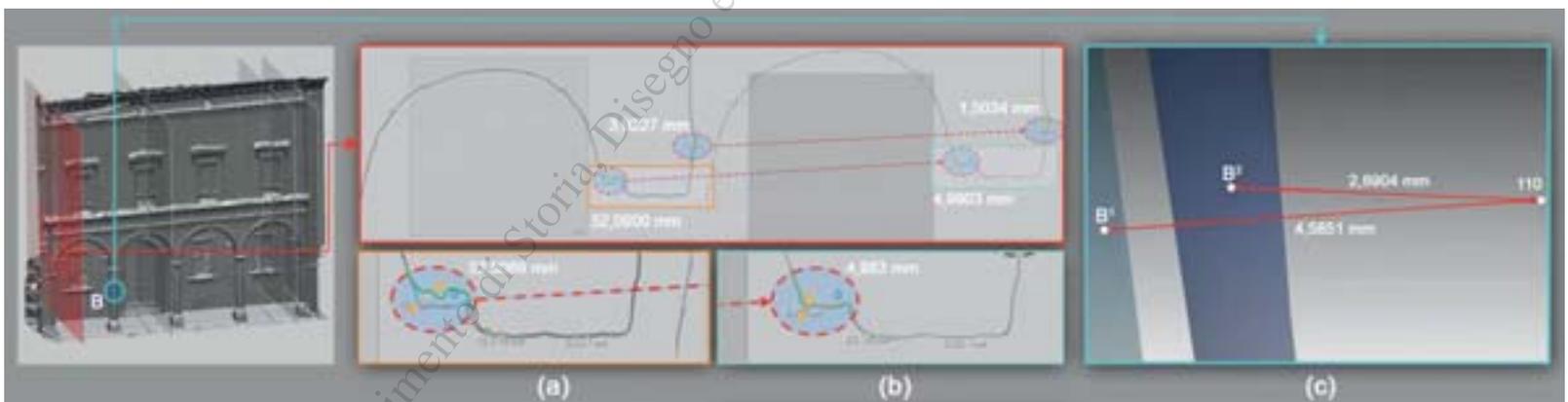
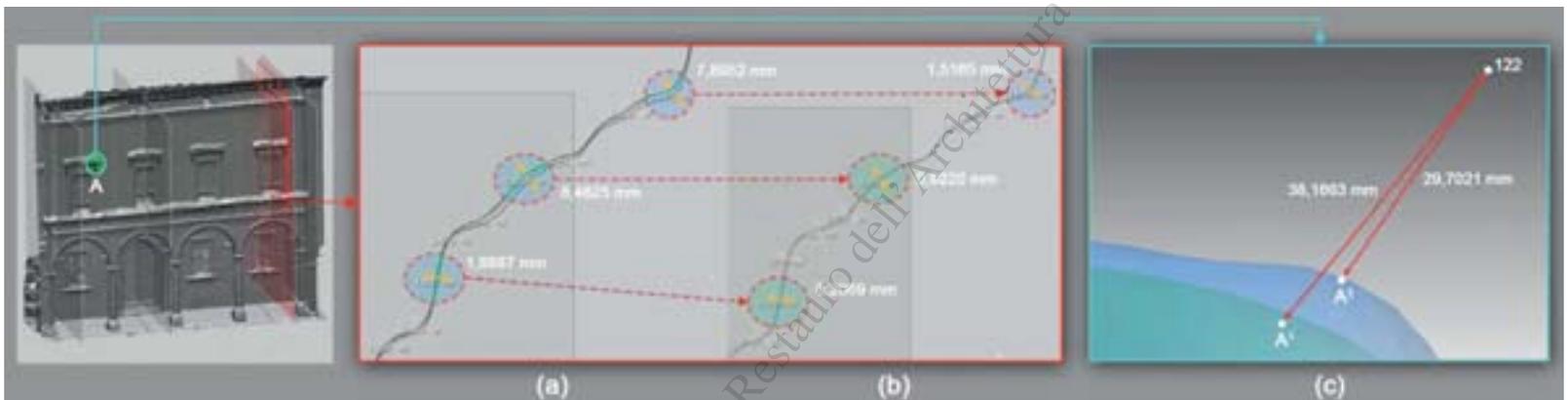
meet. Optimisation makes significant variations to the form of the model. (c) Deviation between topographic point 110 corresponding to a coded target on the column of the portico and point B before and after optimisation (B^1 e B^2).

9/ Lo spazio ridotto di ripresa e lo sviluppo in altezza degli edifici hanno reso necessario l'utilizzo di tre lunghezze focali diverse a seconda della zona fotografata. The reduced shooting space and height of the building forced us to use three different focal lengths depending on the photographed area.

controlled, especially during optimisation of the model when care has to be taken regarding the Ground Control Settings (GCS). By and large the preset accuracy values take into account the different categories of sensors used during measurement; they vary according to the data sent by the GPS as well as the data

teriore approfondimento, eseguito attraverso la comparazione di sezioni verticali e trasversali dell'edificio. A titolo esemplificativo sono mostrate due zone emblematiche costituite dalla cornice superiore e dall'attacco fra volta a crociera ed arco (figg. 7, 8): nel confronto sono stati misurati gli scostamenti fra alcuni punti

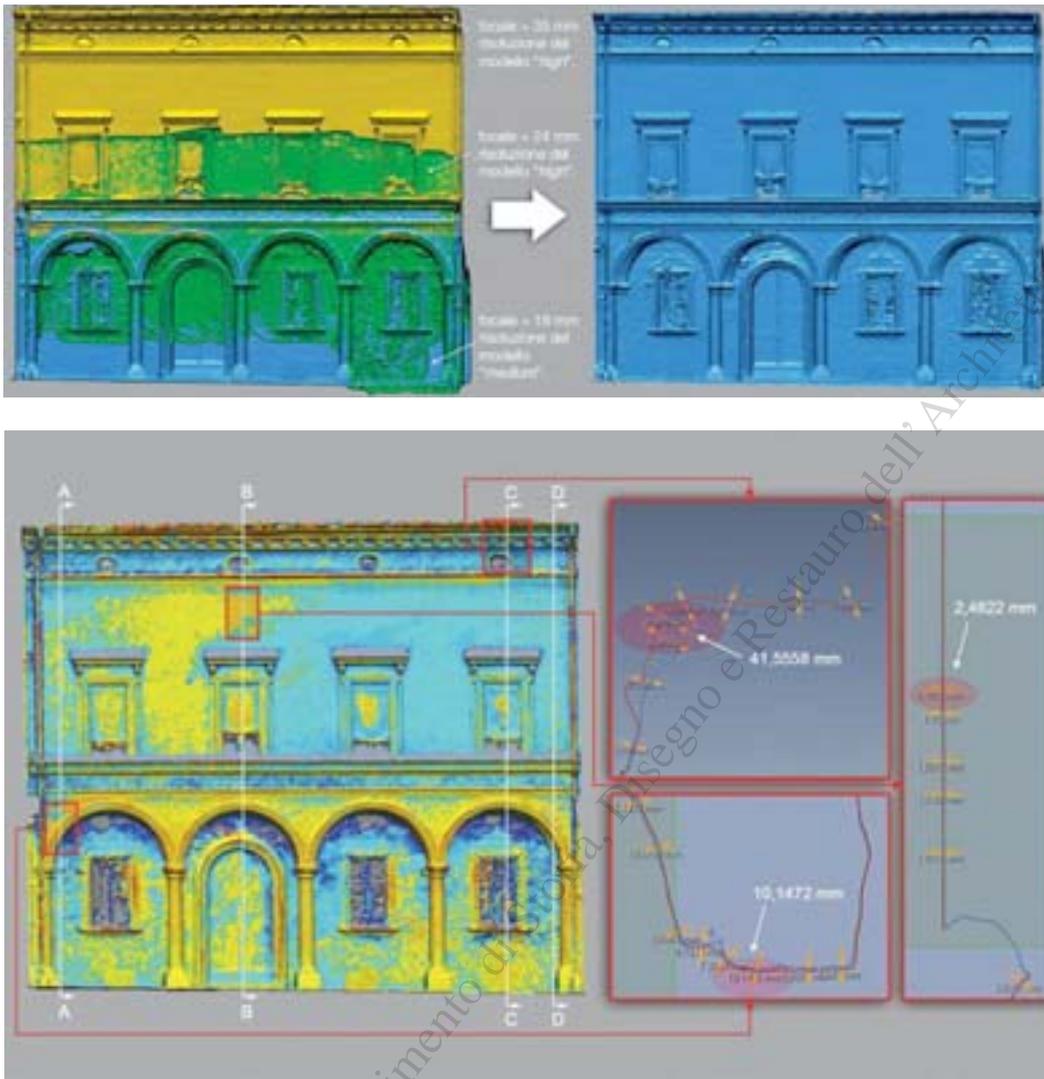
campione delle sezioni, valutandoli in funzione dell'ottimizzazione del modello e della presenza/assenza di punti misurati. I risultati evidenziano anche in questa analisi la fondamentale importanza dell'ottimizzazione: il modello ottenuto introducendo le coordinate dei RAD coded target presenta de-



10/ Suddividendo il calcolo per la realizzazione del modello in tre parti si rende necessaria un'ulteriore fase di integrazione dei dati. *Another step is needed to integrate the data when the calculation to create the model is divided into three.*

11/ Confronto fra modello scalato mediante i coded target e il modello ottenuto integrando tre differenti mesh corrispondenti alle distanze focali dei set di foto.

Comparison between the model scaled using the coded targets and the model created by integrating three different mesh corresponding to the focal lengths of the set of photographs.



viazioni trascurabili rispetto a quello realizzato introducendo una sola misura rilevata direttamente. Entrambi i modelli una volta ottimizzati vanno a combaciare, prescindendo dalla quantità e distribuzione dei punti misurati topograficamente.

Una considerazione conclusiva riguarda il confronto del modello ottenuto introducendo nel programma tre set di fotogrammi con differenti distanze focali (fig. 9) con il modello creato suddividendo il calcolo in tre file separati, poi integrati in una unica mesh (fig. 10). Quest'ultima soluzione, sebbene meno conveniente sotto il profilo dei tempi di esecuzione, genera una consistente riduzione degli

errori sui markers per ogni set di immagini: in particolare lo scarto quadratico medio della riproiezione in pixel rimane sempre al di sotto dell'unità⁸ (set 18 mm pari a 0,470 pixel; set 24 mm pari a 0,739 pixel; set 35 mm pari a 0,616). Inoltre questa scelta procedurale di suddivisione del calcolo presenta altri aspetti positivi, tra cui la possibilità di differenziare la risoluzione del modello in funzione di specifiche esigenze: ne è esempio la possibilità di aumentare il dettaglio nelle parti sommitali dell'edificio. In figura 11 sono mostrati i risultati del confronto fra il modello ottenuto con questa ultima soluzione ed il modello da RAD coded target⁹.

from the topographic and direct survey. Furthermore, a Tie Point Accuracy (TPA) parameter is also present.

Our comparisons show that these very different errors significantly altered the form of the final models; in addition, these alterations cannot be compensated even by using the weighting of the TPA parameter.

In general there is also a reduction in the number of errors on the markers – both in meters and pixels – after optimisation of the model⁷ (fig. 5): comparison of the meshes shows that this stage is a watershed in the process to obtain models providing reliable documentation about an artefact.

Finally, the study proved that recent improvements in the app have reduced not only the importance of the TPA weighting parameter, but also alterations in the form, as shown in figure 5, case b.

We also assessed deviation between mesh surfaces; this allowed us to not only extend the previous metric considerations from individual points to all the surfaces, but also assess the incidence of the targets on the overall reliability of the models (fig. 6a, mean deviation: 0.3259 mm; 69.5% of the samples between -1.6155 and 2.2673 mm; fig. 6b, mean deviation: -0.1384 mm; 73.71% of the samples were between -1.8345 and 1.5576 mm).

It also allowed us to pinpoint the critical areas requiring further examination; in fact we then compared vertical and transversal sections of the building. Two emblematic areas are shown as an example: the upper cornice and the area where the groin vault and arch meet (figs. 7, 8). During the comparison we measured the difference between several sample points of the sections and assessed them based on optimisation of the model and the presence/absence of the measured points.

Even in this case the results reinforced the importance of optimisation: the model created using the RAD coded target coordinates has negligible deviations compared to the one created using a single direct measurement. However, once optimised both models coincide, irrespective of the quantity and distribution of the topographically measured points.

One last consideration should be made regarding the comparison between the model

12/ Dettaglio di una colonna del portico da SfM: (a) modello poligonale decimato, (b) modello mesh a dominante quadrata.

Detail of a column of the portico from SfM: (a) decimated polygonal model, (b) quad-dominant mesh model

created by introducing three sets of frames with different focal lengths into the programme (fig. 9) and the model created by dividing the calculation into three separate parts and then merging them into a single mesh (fig. 10). Although this solution took more time it generated many less errors on the markers for each set of images: in particular, the mean quadratic difference of the reprojection in pixels is always less than one⁸ (set 18 mm equal to 0.470 pixel; set 24 mm equal to 0.739 pixel; set 35 mm equal to 0.616). Furthermore, our decision to divide the calculation produced other positive results, including the possibility to differentiate the resolution of the model depending on specific requirements: e.g., the possibility to provide more detail in the upper part of the building. Figure 11 shows the outcome of the comparison between the model created using this latter solution and the one created using RAD coded targets.⁹

Integrating procedures to qualify the model

In the past image-based modelling solutions very seldom claimed to provide metrically reliable and extensive documentation; they were mainly used to create 3D assets in complex entertainment scenes (visual FX, videogames, etc.). Nevertheless, they provided a visually efficient output based either on just one image or a limited number of images.¹⁰ The results were generally used to produce low-poly models basically outlining the main corners of the building; however, these models were difficult to integrate, for example, with the dense data of the active sensors.¹¹ Instead the results of the computer vision procedures in the image-based modelling apps allowed us to generate high-poly models comparable – and above all integrable – with the product of laser scanners. However these improvements produced two antithetical effects. On the one hand we were wary about the metric quality of the models, especially because we had always worked to ensure total transparency of the data obtained from the shooting stage to the final elaboration. On the other, management problems are not the only problems that need to be solved in

Integrazione di procedure per la qualificazione del modello

Rivolgendo lo sguardo a un recente passato è facile vedere come raramente le soluzioni di modellazione *image-based* pretendessero di avere un valore di documentazione metricamente affidabile ed estensivo, ma venissero impiegate prevalentemente per realizzare *asset* 3D di scene complesse nell'*entertainment* (visual FX, videogiochi, ecc.). In ogni caso fornivano un *output* visivamente efficace a partire da una limitata serie di immagini, o addirittura da una sola¹⁰, con risultati fondamentalmente indirizzati alla produzione di modelli *low-poly* – che ricalcavano essenzialmente gli spigoli principali dell'edificio –, difficilmente integrabili, ad esempio, con la densità di informazione dei sensori attivi¹¹. Le ricadute delle procedure della *computer vision* negli applicativi di modellazione *image-based* hanno invece permesso di generare modelli *high-poly*, paragonabili – e soprattutto integrabili – con il prodotto di apparecchi *laser scanner*. Vanno rilevati due orientamenti antitetici rispetto a questi avanzamenti. Da un lato si è avuta una doverosa cautela sulla qualità metrica dei modelli ottenuti, in particolare da parte di chi si è sempre occupato di garantire la più totale trasparenza dei dati ottenuti dalle fasi di presa fino all'elaborazione finale.



Dall'altro, nell'*entertainment*, sono da risolvere sia problemi di natura gestionale – gli *asset* 3D da SfM sono troppo “pesanti” per essere impiegati *tout court* in *game engine* o *render engine* – che quelli legati al fatto che i programmi SfM generano *texture* non ritoccabili, con un bassissimo grado di interazione all'interno di applicativi per la modifica delle immagini¹².

Inoltre, appaiono poco efficaci le operazioni di decimazioni delle *mesh* da SfM – anche se eseguite con strumenti di analisi dei raggi di curvatura per il mantenimento di bordi netti – in quanto negli applicativi per la modellazione e il *rendering* le maglie di poligoni devono essere a basso dettaglio e a dominante quadrata (*quad-dominant*), poiché quelle triangolari si adattano peggio a rappresentare il naturale fluire della curvatura di un oggetto.

Da queste considerazioni deriva la necessità di migliorare la parametrizzazione, ad esempio mediante un ri-campionamento della *mesh* a dominante quadrangolare, che può essere eseguita con strumenti di *retopology*¹³, o automaticamente attraverso applicativi di nicchia¹⁴ (fig. 12).

I modelli così riconfigurati risultano molto più facilmente parametrizzabili sia in applicativi SfM che *entertainment*: nello “pseudo sviluppo” presenteranno un numero limitato di insiemi (*charts*, *islands*) e tendenzialmente si assisterà ad un maggiore sfruttamento dei pixel della *texture* rispetto ai modelli *high-poly* a triangoli.

Una seconda strategia riguarda invece il *texturing* di modelli per la documentazione dettagliata, costituiti da poligoni triangolari. Un significativo miglioramento della parametrizzazione si può ottenere utilizzando applicativi di *reverse modelling* per pre-trattare la *mesh*: prima della fase di *texturing* il modello *high-poly* “grezzo” deve essere sottoposto a una serie di operazioni finalizzate a eliminarne errori topologici, geometrici e infine deve essere ricampionato per rendere la maglia isotropa (fig. 13).

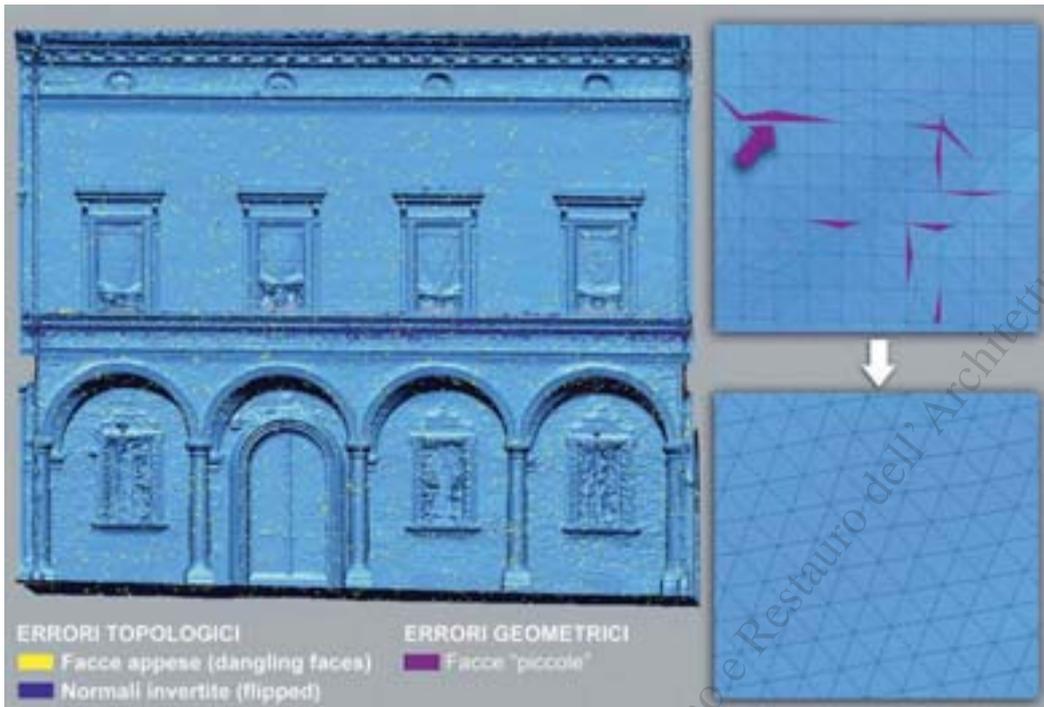
Successivamente occorre “rompere” la connettività fra le celle di triangoli lungo concatenazioni di bordi¹⁵ che individuano i confini fra gli elementi costitutivi dell'oggetto in-

13/ All'interno di programmi di mesh processing è possibile "curare" il modello da SfM da possibili errori di natura topologica e geometrica.

Possible topological and geometric defects of the SfM model can be 'cured' in the mesh programmes

14/ (b) La partizione può essere ricondotta alla semantica dell'architettura e permette di incamerare in una mesh i suggerimenti per migliorarne la parametrizzazione rispetto al modello high-poly di partenza (a).

(b) Partition can be traced back to the semantics of architecture making it possible to place in a mesh the suggestions to improve parametrisation compared to the initial high-poly model (a).



dagato; ad esempio nel caso del portico quelli che delimitano il pavimento, le colonne, le volte, ecc. (fig. 14).

Si tratta quindi di eseguire una partizione semantica che ha la funzione di "suggerire" agli strumenti automatici di parametrizzazione come effettuare la segmentazione del modello nello spazio parametro (u,v). Il controllo non

è puntuale (fig. 15), ma è sicuramente più rapido rispetto all'eventuale e sconsigliabile tentativo di parametrizzare un modello *high-poly* in applicativi per l'*entertainment*.

L'output foto-realistico

L'integrazione delle *texture* del colore apparente da applicativi SfM¹⁶ con i raffinati si-



entertainment – the 3D assets from SfM are too 'heavy' to be used tout court in a game engine or render engine. Other problems include the problems associated with the fact that SfM programmes generate textures that cannot be retouched and are difficult to integrate in image-modifying apps.¹²

Furthermore, decimation of the SfM meshes appears ineffective even if executed with tools that analyse the radii of curvature in order to maintain sharp edges – because in modelling and rendering apps the polygonal nets must have very little detail and be quad-dominant since triangular nets are less suited to representing the natural flow of the curves of an object.

These considerations indicate a need to improve parametrisation, for example by re-sampling the quad-dominant mesh; this can be performed either using retopology tools¹³ or automatically by means of niche apps¹⁴ (fig. 12).

These reconfigured models are easier to parametrise in both SfM and entertainment apps: they present a limited number of ensembles (charts, islands) in 'pseudo-development' and tend to exploit the pixels of the texture more than the triangular high-poly models. Instead a second strategy involves texturing models, made with triangular polygons, to provide detailed documentation.

Parametrisation can be considerably improved by using reverse modelling apps to pre-process the mesh: before texturing, geometric and topology errors have to be eliminated from the 'raw' high-poly model. Finally it has to be re-sampled to render the isotropic net (fig. 13). Afterwards connectivity between the cells of triangles has to be 'broken' along the concatenations of the edges¹⁵ marking the borders between the elements of the object in question; e.g., in the porticoes, the elements around the floor, columns, vaults, etc. (fig. 14). The task involves executing a semantic partition; its function is to 'suggest' to the automatic parametrisation tools how to segment the model in parameter space (u,v). Although not completely accurate (fig. 15) it is certainly quicker than the (inadvisable) alternative: to attempt to parametrise a high-poly model in entertainment apps.

15/ Texture corrispondenti a differenti parametrizzazioni automatiche. (a) Parametrizzazione della mesh da SfM a seguito della sola eliminazione di errori topologici. (b) Modello sottoposto a ri-campionamento e partizione semantica.

Textures corresponding to different automatic parameterisations. (a) Parametrisation of the SfM mesh after eliminating only the topologic inaccuracies. (b) Model subjected to re-sampling and semantic partition.

The photorealistic output

Merging the textures of the apparent colour from SfM apps¹⁶ with the sophisticated BRDF simulation systems included in the rendering engines has its weak points: this is due to the fact that these maps have too much data, unlike the textures of diffuse colour. In practice, once automatic photogrammetry models are imported in rendering apps they enhance the intensity of the shadows. The problem depends on the texture rather than the quality of the model or the setting of the rendering engine; in fact the texture already includes the effects of complex optical phenomena. As a result, the already darker areas of the model will be further impacted by the result of ray-tracing and global illumination (sometimes in conflict with the ambient light present during the photographic campaign).

Two solutions are available: one is to eliminate every possible interaction between the model and the rendering engine, converting the effect of the texture from diffuse colour to a luminous colour and setting the material applied to the model as if it were a 1 W/srm² intense light source. However, this is not practical if the aim is to make the digital model polyfunctional, i.e., one of the objectives of this paper.

As regards the porticoes, a particularly interesting alternative is to adopt a 'shadow removal' technique developed in the entertainment sector¹⁷ based on synergy between colour-processing and render-to-texture (baking) techniques.

Figure 16 shows a concise version of the workflow: using two very different radiometric settings the Agisoft Photoscan app is used in parameterisation and projection of the same set of rectified photos on the model.

The two textures are then 'combined' using a transparent channel obtained by saving, in parameter space, the result of the ambient lighting during the photographic campaign. Although this may seem particularly complex it is fairly straightforward if models of (suitably oriented) nearby buildings are available and the date and time of the photographic campaign are also known (fig. 17).

The grey scale bitmap – not to be confused

stemi di simulazione della BRDF inclusi nei motori di rendering presenta alcune criticità, dovute al fatto che tali mappe includono un numero troppo elevato di informazioni, a differenza delle texture del colore diffuso. Nella pratica i modelli da fotogrammetria automatica, una volta importati in applicativi dedicati al rendering, presentano un effetto di moltiplicazione dell'intensità delle ombre. Il problema non dipende dalla qualità del modello o dalle impostazioni del motore di rendering adottato, ma è causato dalla texture poiché essa, già di per sé, include gli effetti di complessi fenomeni ottici. Per conseguenza nelle zone già di per sé più scure del modello si aggiungerà il risultato di ray-tracing e global illumination, talvolta in conflitto con l'illuminazione ambientale presente al momento della campagna fotografica.

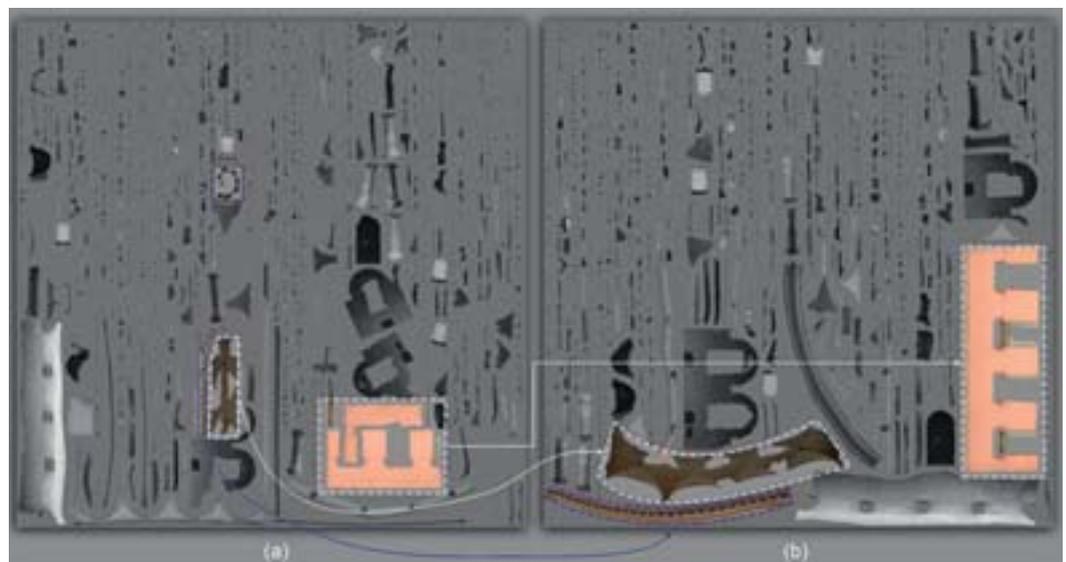
Le soluzioni che si possono adottare sono due: una prima è quella di eliminare ogni possibile interazione del modello con il motore di rendering, convertendo l'effetto della texture da colore diffuso a colore luminoso, e impostando il materiale applicato al modello come se fosse una fonte di emissione di luce di intensità pari a 1 W/srm². Tuttavia questa strada non sembra percorribile se si vuole conferire al modello digitale quei caratteri di polifunzionalità che stanno fra gli obiettivi del presente testo.

L'alternativa, che naturalmente riveste una particolarmente rilevanza nel caso dei portici, consiste nell'adottare una tecnica di "shadow removal", sviluppata in ambito entertainment¹⁷ e basata sulla sinergia di tecniche di colour processing e di render-to-texture (baking).

Il flusso di lavoro è sintetizzato nello schema in figura 16: l'applicativo Agisoft Photoscan viene impiegato per la parametrizzazione e per la proiezione sul modello dello stesso set di foto corretto secondo due impostazioni radiometriche diverse.

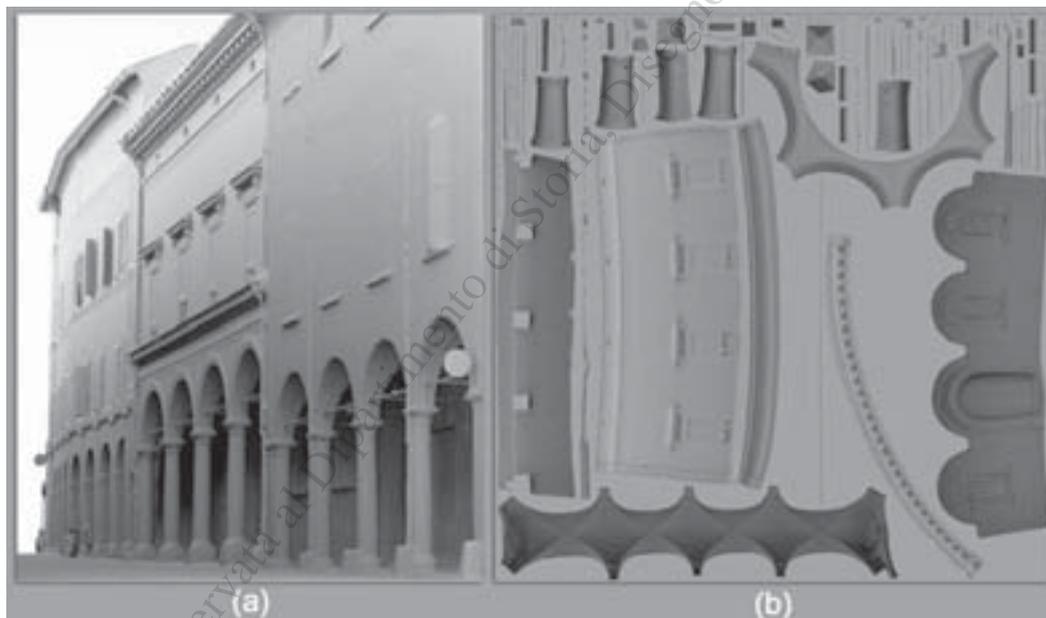
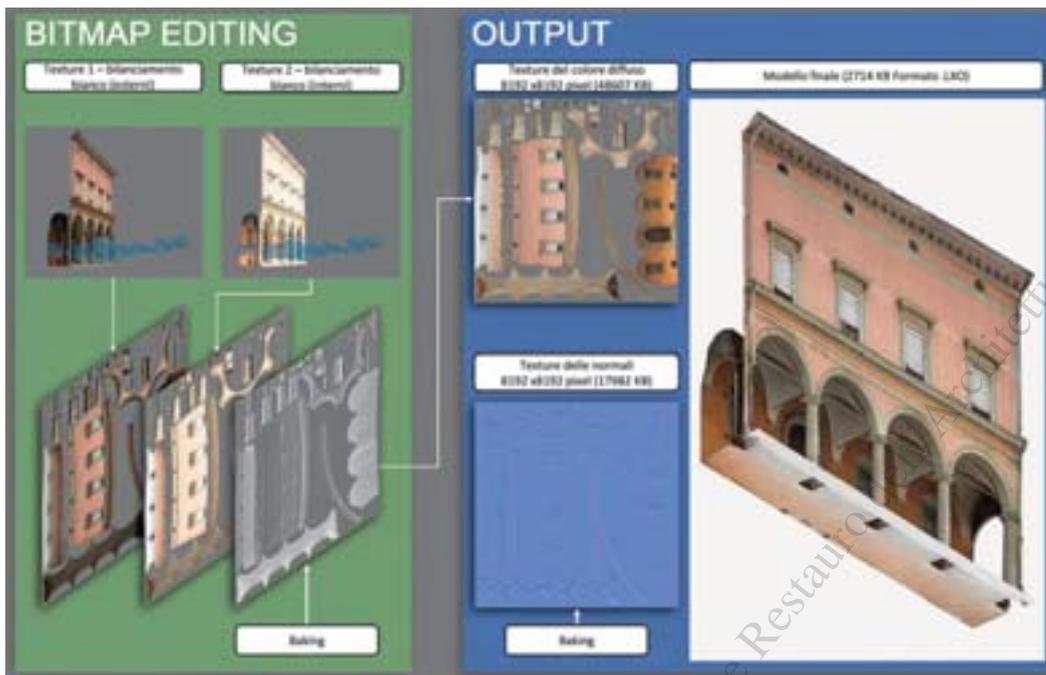
Successivamente le due texture vengono "miscelate" grazie a un canale di trasparenza ottenuto salvando nello spazio parametro il risultato dell'illuminazione ambientale al momento della campagna fotografica. In realtà questo passaggio che può sembrare particolarmente complicato non presenta particolari problemi se si hanno a disposizione i modelli degli edifici circostanti, opportunamente orientati, così come l'ora e la data alla quale si è svolta la campagna fotografica (fig. 17).

La bitmap in scala di grigi – da non confondersi con una comune mappa di occlusione – incamera importanti informazioni su come la luce penetra nel portico e lungo la facciata dell'edificio e quindi permette di far "passare" nelle zone più buie la texture calibrata rispetto alle zone più scure, e viceversa per le zone più chiare.



16/ Schema del flusso di lavoro della tecnica di shadow removal.
Work flow of the shadow removal technique.

17/ (a) Simulazione dell'illuminazione ambientale di via delle Lame al momento della campagna fotografica. (b) Immagine ottenuta attraverso il "baking" che memorizza nello spazio (u,v) la componente diffusa dell'illuminazione della scena (a).
(a) Simulation of ambient lighting in Via delle Lame during the photographic campaign. (b) Image obtained using 'baking', a procedure that memorises in space (u,v) the diffuse component of lighting in the scene (a).



Conclusioni

Nel precedente paragrafo si è ricordato quale sia l'importanza dell'orientamento del modello rispetto al sistema generale di coordinate geografiche e quindi come in estrema sintesi l'inquadramento topografico possa arricchire il modello di ulteriori caratteristiche

apparentemente lontane dal tema della misura come quelle relative alla BRDF di materiali diffusivi.

Le valutazioni eseguite sulla qualità metrica manifestano la minore incidenza delle coordinate dei punti misurati rispetto all'orientamento interno della fotocamera eseguita in

with a normal occlusion map – stores important data about the way in which light penetrates the portico and stretches along the façade of the building. As a result it allows the texture, calibrated compared to the darker areas, to 'pass' in the darker areas, and vice versa for the lighter areas.

Conclusions

In the previous paragraph we illustrated the importance of the orientation of the model compared to the general system of geographic coordinates. In other words, we showed how the topographic framework can enrich the model with more characteristics ostensibly foreign to the topic of measurement, for example those relating to the BRDF of materials with diffuse reflectance. Our assessments of metric quality show that the coordinates of the measured points are less important compared to the automatic internal orientation of the camera; obviously this affects the correction of the nonlinear deformations present in the model. In addition, the measurement and topology of the mesh are closely linked to parametrisation and hence to texturing; in this case quality mapping is determined better by the 'microscopic' accuracy of the model and the intrinsic characteristics of its constitutive elements.

A critical interpretation (semantic partition) of the model improves the quality of the maps and their ability to interact in raster-type programmes. It's important to execute this segmentation beforehand due to the topological nature of the porticoed buildings which, if examined in exclusively geometric terms, prove to be figures not simply connected but characterised by a series of openings (the column-arch system).

In fact, this morphological trait tends to 'confuse' automatic parametrisation systems and create numerous 'islands' in parameter space. The problem is significantly mitigated thanks to the 'strategic' fracture in the connectivity between polygons; this makes it possible to exploit the outcome of a more efficient parametrisation for more complex and sophisticated processing of the maps, for example, in the case of the shadow removal technique (fig. 18).

18/ (a) Modello sottoposto a illuminazione indiretta.
 (b) Il medesimo modello con l'aggiunta di una fonte
 di illuminazione diretta.
*Model subject to indirect lighting. (b) The same model
 with a direct light source*

* For more extensive information about the operational context and scope of the research cfr.: Apollonio, Gaiani, Fallavollita et al. 2013.

1. Passive sensors differ from active sensors insofar as they use two different technologies to capture dimensional data in a scene: in general, active sensors emit a laser signal that records the position of the points in space (laser scanner, topographic station). On the contrary, passive sensors have a CCD or CMOS sensor installed in the camera. This sensor receives, in the form of light rays, the electromagnetic radiation reflected by the photographed scene. Using software it is then possible to recreate the scene in 3D.

2. Ippolito, Borgogni et al. 2011, pp. 71-77.

3. Benedetti, Gaiani, Remondito 2010.

4. <www.agisoft.com> [May 2015].

5. The sparse point cloud is the first model made after aligning the frames: it has less vertexes compared to the final model which, in fact, has to be generated based on a dense cloud. The sparse point cloud has to be optimised to give the model greater metric reliability; we should point out that the term optimisation should not be considered as improvement of the mesh to enhance its management and visualisation. Optimisation techniques – in this case – consist in reducing the geometric resolution of the mesh by decreasing the mean size of the edges of the triangles that help to create it together with the mapping techniques illustrated in this paper.

6. The set has 168 eighteen millimetre frames, 31 twenty-four millimetre frames and 44 thirty-five millimetre frames: a total of 243 frames with a resolution of 4,928x3,264 pixels. We used a Nikon D 5100 with a AF-S Nikkor 18-55 mm lens and the 0.9 and 1.0.4 versions of Agisoft Photoscan.

7. For the scaled model oriented using only the 6 RAD coded targets the error on the targets was 0.001142 m and 0.592 pixel. For the model created using the 0.9 version of Photoscan enabling the 6 RAD coded and 13 natural targets the error was 0.006011 m and 3.704 pixel. For the model created using the 1.0.4 version of Photoscan enabling the 6 RAD coded and 13 natural targets: 0.005849 m and 3.662 pixel. All the values were recorded after optimisation. As the app was gradually upgraded during this study we were able to witness how the developers solved the problem of the alteration of the form of the model when numerous heterogeneous markers were present.

8. Please note that in previous cases the error was way above 3 pixel for focal lengths equal to 24 and 35 mm.

9. The difference was particularly visible in the cornice along the CC section. In this case the comparison is partially invalidated by the different local geometric resolutions (mean length of the edges of the polygons were



modo automatico, con ricadute evidenti sulla correzione delle deformazioni non lineari presenti nel modello. Inoltre, misura e topologia della *mesh* sono strettamente connesse con l'operazione di parametrizzazione e quindi con il *texturing*: in questo caso è la correttezza “microscopica” del modello, con le intrinseche caratteristiche dei suoi elementi costitutivi, a determinare una qualità migliore della mappatura.

Una lettura di tipo critico (partizione semantica) eseguita sul modello conferisce alle mappe migliore qualità e capacità di interazione in programmi di tipo *raster*. L'importanza di questa segmentazione eseguita a priori risiede nella natura topologica degli edifici porticati, che se esaminati in termini squisitamente geometrici risultano essere figure non semplicemente connesse ma caratterizzate da fori passanti (il sistema colonne-archi).

Questa caratteristica morfologica tende infatti a “confondere” i sistemi di parametrizzazione automatica, creando un elevatissimo numero di “isole” nello spazio parametro.

Grazie alla rottura “strategica” della connettività fra poligoni il problema viene significativamente mitigato aprendo la possibilità di sfruttare il risultato di una più efficiente parametrizzazione per trattamenti più complessi e raffinati sulle mappature, come nel caso della tecnica di *shadow removal* (fig. 18).

* Per una spiegazione esaustiva del contesto operativo e delle finalità della ricerca cfr.: Apollonio, Gaiani, Fallavollita et al. 2013.

1. I sensori passivi si distinguono da quelli attivi poiché si basano su due tecnologie differenti di cattura delle informazioni dimensionali di una scena: generalmente in quelli attivi un segnale laser è emesso dallo strumento in modo tale da rilevare la posizione dei punti nello spazio (scanner laser, stazione topografica), al contrario nel caso di quelli passivi è un sensore CCD o CMOS installato su una fotocamera a ricevere sotto forma di raggi luminosi la radiazione elettromagnetica riflessa dalla scena fotografata e quindi, mediante una elaborazione via *software*, è possibile ricostruire la scena in 3D.

2. Ippolito, Borgogni et al. 2011, pp. 71-77.

3. Benedetti, Gaiani, Remondito 2010.

4. <www.agisoft.com> [maggio 2015].

5. La nuvola rada è il primo modello realizzato a seguito dell'allineamento dei fotogrammi: esso è costituito da un numero di vertici molto inferiore rispetto a quello che costituirà il modello finale che infatti deve essere generato a partire da una *dense cloud* o nuvola densa. La nuvola rada deve essere ottimizzata per dare maggior affidabilità metrica al modello; a tal proposito va segnalato come il termine ottimizzazione non debba intendersi nell'accezione di miglioramento della *mesh* al fine di una sua più efficiente gestione e visualizzazione. Le tecniche finalizzate all'ottimizzazione – in quest'ultimo significato – consistono nell'abbassare la risoluzione geometrica della *mesh* attraverso la diminuzione della dimensione media dei bordi dei triangoli che contribuiscono a formarla congiuntamente a tecniche di mappatura esposte di seguito nel presente testo.

6. Il set è composto da 168 fotogrammi a 18 mm, 31 a 24 mm e 44 a 35 mm, per un totale di 243 fotogrammi di risoluzione 4.928x3.264 pixel. La fotocamera impiegata è una Nikon D 5100, dotata di obiettivo AF-S Nikkor 18-55 mm. Le versioni di Agisoft Photoscan adottate nel contributo sono la 0.9 e la 1.0.4.

7. Per il modello scalato e orientato impiegando solo i 6 RAD *coded target* l'errore sui *target* è pari a 0,001142 m e 0,592 pixel. Per il modello ottenuto con la versione 0.9 di Photoscan abilitando i 6 RAD *coded target* e i 13 naturali l'errore è di 0,006011 m e 3,704 pixel. Per il modello ottenuto con la versione 1.0.4 di Photoscan abilitando i 6 RAD *coded target* e i 13 naturali: 0,005849 m e 3,662 pixel. Tutti i valori sono successivi all'operazione di ottimizzazione. Con l'avanzare delle versioni dell'applicativo impiegato nel presente studio è possibile evincere come gli sviluppatori abbiano risolto il problema dell'alterazione della forma del modello in presenza di un elevato ed eterogeneo numero di *markers*.

8. Si ricorda che nei casi precedenti l'errore superava abbondantemente i 3 pixel per le focali pari a 24 e 35 mm.

9. L'entità dello scostamento è particolarmente alta nella cornice lungo la sezione CC. In questo caso il confronto è parzialmente inficiato dalla differente risoluzione geometrica locale (lunghezza media dei bordi dei poligoni in un caso pari a 14 mm e nell'altro uguale a 7 mm). Nonostante ciò è consigliabile per le zone più alte degli edifici adottare risoluzioni più ele-

vate al fine di compensare i limiti imposti dalla logistica di questo tipo di rilevamento.

10. Il riferimento è a pacchetti come Image Modeler, acquisito da Autodesk nel 2008, originariamente sviluppato da REALVIZ, *software house* francese fondata nel 1998 e da Canoma originariamente sviluppato da MetaCreations Corp., acquisito da Adobe Systems.

11. Per completezza si ricorda che nell'applicativo EOS Systems Photomodeler sono presenti anche strumenti di modellazione di curve e superfici NURBS.

12. Bommes, Lévy, Pietroni et al. 2013, pp. 51-76.

13. Con questo termine si intende una tecnica di *adding modelling* basata su di un riferimento 3D ad alta densità. Sul tema si veda Lai et al. 2010, pp. 109-117).

14. Strumenti di questo tipo sono attualmente implementati all'interno di Pilgway 3D Coat e di Pixologic ZBrush.

15. Cipriani, Fantini, Bertacchi 2014, pp. 173-180.

16. Apollonio et al. 2013, pp. 39-48.

17. La tecnica applicata in questo esempio è stata sviluppata da Juhanni Karlsson e Jukka-Pekka Lyytinen di Talvi Digital per ottenere *texture* prive di ombre, o comunque fortemente attenuate, da applicare a modelli *low-poly*. La tecnica venne illustrata alla conferenza IBC 2013 ad Amsterdam (<<http://vimeo.com/77394718>> [maggio 2015]).

14 mm in one case, and 7 mm in another). Nevertheless, it is advisable that higher resolutions be adopted for the upper parts of buildings in order to compensate the limits imposed by logistics in this kind of survey.

10. Reference is made to packages such as Image Modeler, purchased by Autodesk in 2008, and originally developed by REALVIZ, a French software house founded in 1998, and by Canoma originally developed by MetaCreations Corp., later purchased by Adobe Systems.

11. Note that the EOS Systems Photomodeler app contains NURBS surfaces and curves modelling tools.

12. Bommes, Lévy, Pietroni et al. 2013, pp. 51-76.

13. This term refers to an adding modelling technique based on a high density 3D reference. On this issue, see Lai et al. 2010, pp. 109-117).

14. These kinds of tools are currently contained in Pilgway 3D Coat and Pixologic ZBrush.

15. Cipriani, Fantini, Bertacchi 2014, pp. 173-180.

16. Apollonio et al. 2013, pp. 39-48.

17. The technique in this example was developed by Juhanni Karlsson and Jukka-Pekka Lyytinen working at Talvi Digital. Their aim was to obtain textures without shadows or, at least, very faint shadows to be applied to low-poly models. The technique was presented at the 2013 IBC conference in Amsterdam (<<http://vimeo.com/77394718>> [May 2015]).

References

- Apollonio Fabrizio Ivan, Gaiani Marco, Fallavolita Federico, Ballabeni Massimo, Guidazzoli Antonella, Liguori Maria Chiara, Baglivo Antonio, Felicori Mauro, Virgolin Luigi. 2013. Un sistema informativo in divenire per la candidatura dei portici di Bologna a sito UNESCO. In Conte Antonio, Filippa Monica (a cura di). *Patrimoni e siti UNESCO. Memoria, misura e armonia*. 35° Convegno Internazionale dei Docenti della Rappresentazione. Roma: Gangemi Editore, 2013, pp. 38-48.
- Benedetti Benedetto, Gaiani Marco, Remondino Fabio (a cura di). 2010. *Modelli digitali 3D in archeologia. Il caso di Pompei*. Pisa: Edizioni della Normale, 2010. 366 p. ISBN: 978-88-7642-353-6.
- Bommes David, Lévy Bruno, Pietroni Nico, Puppo Enrico, Silva Claudio, Tarini Marco, Zorin Denis. 2013. Quad-Mesh Generation and Processing: A Survey. In *Computer Graphics Forum*, 6, 32, 2013, pp. 51-76.
- Cipriani Luca, Fantini Filippo, Bertacchi Silvia. 2014. 3d models mapping optimization through an integrated parameterization approach: cases studies from Ravenna. In Remondino Fabio, Menna Fabio. *International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*. Volume XL-5, 2014, pp. 173-180.
- Ippolito Alfonso, Borgogni Francesco. 2011. I modelli 3D nei rilievi di architettura. In Chiavoni Emanuela, Filippa Monica (a cura di). *Metodologie integrate per il rilievo, il disegno, la modellazione dell'architettura e della città*. Roma: Gangemi Editore, 2011, pp. 71-77 .
- Lai Yu-Kun, Kobbelt Leif, Hu Shi-Min. 2010. Feature Aligned Quad Dominant Remeshing using Iterative Local Updates. In *Computer-Aided Design*, 42, 2, 2010, pp. 109-117.

Pilar Roig Picazo, José Luis Regidor Ros, José Antonio Madrid García,
Lucía Bosch Roig, Valeria Marcenac

La chiesa di san Nicolás Obispo y san Pedro Mártir a Valencia: studi preliminari e primi esiti per il restauro dell'apparato decorativo
The Church of San Nicolás Obispo y san Pedro Mártir in Valencia: preliminary studies and initial results of the restoration of the decorations

The article presents the preliminary studies and initial results of the first restoration of the wall paintings and decorative cladding of the main nave of the church of San Nicolás Obispo y san Pedro Mártir in Valencia. The illustrated methodology is based on a multidisciplinary approach including a historical-artistic study, a metric-dimensional and photographic survey and characterisation of the materials and alterations. The aim of the study was to elaborate an accurate diagnosis and assess the suitability of the cleaning, consolidation and restoration processes.

Key words: restoration, wall painting, Baroque frescoes, Dionís Vidal, multidisciplinary approach.

After urgent restoration sponsored by the Fundación Hortensia Herrero and the Bishopric of Valencia, and thanks to their sensibility and interest in the conservation of Valencia's artistic heritage, we will soon be able to admire – in all its wondrous beauty – one of the most shining examples of late seventeenth-century wall paintings: the frescoes and decorations along the main nave of the Church of San Nicolás Obispo y san Pedro Mártir in Valencia.¹

These preliminary studies are crucial to truly understand not only the historical, graphic and material evolution of the wall paintings, but also the role played by the intrinsic and extrinsic pathogens and factors that have caused degradation of the frescoes and severe damage to the building. The study developed a correct diagnostic methodology and also proposed possible intervention to maintain and preserve the pictorial and decorative heritage in the main nave of the church.

The method adopted during the preliminary studies focused on sample points and areas in order to obtain targeted data and results based on an interdisciplinary approach. The following actions were undertaken:

- a historical and artistic survey: research and collection of data from written sources in order to verify the historiography of the church; research and collection of iconographic and photographic documentation about building procedures in order to critically review recent interventions on the building; bibliographical research about Dionís Vidal, designer of the wall paintings²;
- a graphic and photographic survey: photographic campaign of the building and

L'articolo presenta gli studi preliminari e i primi esiti ottenuti al completamento della prima fase di restauro delle pitture parietali e del rivestimento decorativo della navata centrale della chiesa di san Nicolás Obispo y san Pedro Mártir a Valencia. Viene descritta la metodologia impiegata, basata su un'impostazione pluridisciplinare che tiene conto dello studio storico artistico, del rilevamento metrico-dimensionale e fotografico, della caratterizzazione dei materiali e dei prodotti di alterazione, al fine di mettere a punto un quadro diagnostico preciso e valutare l'adeguatezza dei processi di pulitura, consolidamento e reintegro.

Parole chiave: restauro, pittura parietale, affreschi barocchi, Dionís Vidal, interdisciplinarietà.

Grazie all'interesse e alla sensibilità rivolti alla conservazione del patrimonio artistico di Valencia da parte della Fundación Hortensia Herrero e del Vicariato di Valencia, uno degli esempi più fulgidi della pittura parietale di fine Seicento, che necessitava di un intervento di recupero urgente, potrà presto essere goduto in tutta la sua bellezza. Si tratta delle pitture parietali e del rivestimento decorativo della navata centrale della chiesa di san Nicolás Obispo y san Pedro Mártir a Valencia¹.

Le indagini preliminari devono essere considerate imprescindibili per la conoscenza reale dell'evoluzione storica, grafica e materica delle pitture parietali, così come l'influenza degli agenti patogeni e dei fattori - sia propri dell'edificio che esterni - che stanno causando il degrado delle pitture e provocando gravi danni. Questo studio ha permesso di mettere a punto una corretta metodologia diagnostica e una proposta di intervento, finalizzata alla manutenzione e alla conservazione del patrimonio pittorico e decorativo della navata centrale della chiesa.

Sul piano metodologico, queste indagini preliminari si sono concentrate su punti e aree campione, in modo da ottenere informazioni mirate e risultati basati su un approccio interdisciplinare. Le azioni intraprese sono state:

- *indagine storico-artistica*: ricerca e raccolta di informazioni da fonti scritte per arrivare a una verifica storiografica della chiesa; ricerca e raccolta della documentazione iconografica e fotografica che rivelano informazioni sui processi costruttivi utili ad affrontare criticamente la revisione dei recenti interventi realizzati sull'edificio; ricerca bibliografica intorno alla figura di Dionís Vidal, autore cui si devono le pitture parietali²;
- *indagine grafica e fotografica*: realizzazione di una campagna fotografica di insieme e di dettaglio, macrofotografie e fotografie a raggi infrarossi e ultravioletti; mappatura dei danni e del degrado;

- *studio dei materiali e dei prodotti di alterazione mediante indagini non invasive*: caratterizzazione di malte, tecniche pittoriche, depositi e contaminanti effettuata attraverso il ricorso a microscopi ottici, microscopi elettronici a scansione con microanalisi a raggi X (SEM/EDX), spettroscopia FT-IR, diffrazione dei raggi X, gascromatografia di massa, cromatografia ionica, etc.; interpretazione dei risultati analitici;
- *valutazione e verifica degli interventi eseguiti*: verifiche di idoneità degli interventi di consolidamento, fissaggio, pulizia e reintegro della pittura parietale attraverso il campionamento di prodotti e tecniche impiegate; monitoraggio del comportamento e verifica dei risultati e dei procedimenti impiegati;
- *studio ambientale e individuazione dei fattori microbiologici*: determinazione del microclima e dei componenti contaminanti presenti nell'ambiente e a livello microbiologico della chiesa e della superficie pittorica.

La chiesa

La chiesa parrocchiale di san Nicolás Obispo y san Pedro Mártir, dichiarata *Monumento Histórico Artístico de carácter nacional* (Decreto Reale 1757/1981, 5 giugno 1981)³ si trova nell'omonima piazza del centro storico di Valencia, in un'enclave in cui sopravvivono preesistenze medioevali. Si tratta di una delle chiese gotiche costruite su una preesistente moschea: risale alla metà del XIII secolo ed è una delle prime chiese cristiane di Valencia; le fonti scritte concordano sul fatto che questo fu uno dei primi edifici sacri costruiti per ordine del re Jaime I dopo la conquista di Valencia (1238).

Sul piano formale, il progetto architettonico della chiesa eredita l'impostazione costruttiva del gotico meridionale, costituito da una pianta a navata unica a sei campate, cappelle laterali e abside poligonale su base pentagonale. Lo spazio interno è coperto con volte a crociera semplici.

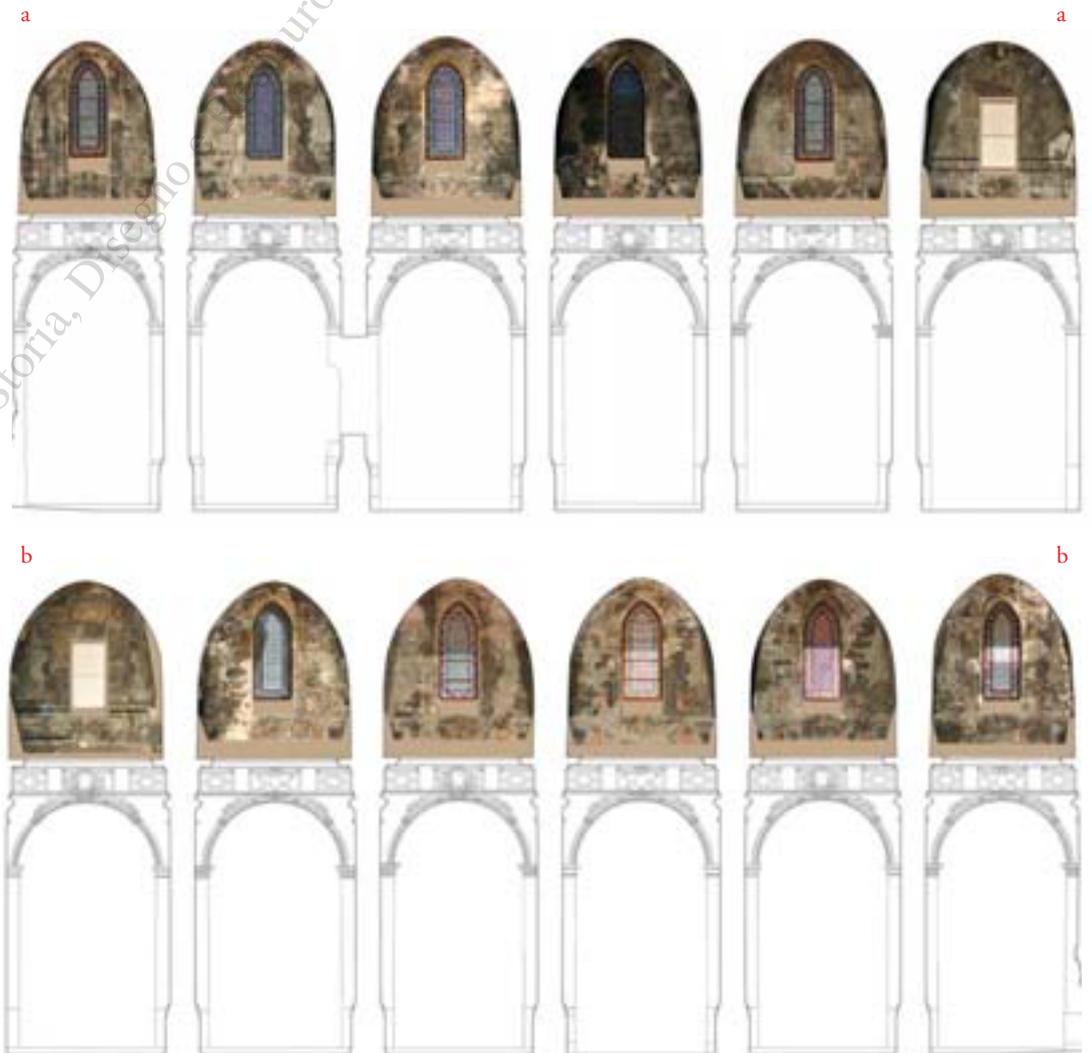
1/ Fotopiano della decorazione pittorica della volta e del fronte delle lunette (arch. C. Campos González).
Controlled image of the pictorial decoration of the vault and front of the lunettes (Arch. C. Campos González).



La chiesa, unitamente alla Real Parroquia de los Santos Juanes e alla chiesa di san Martín Obispo y san Antonio Abad, costituisce uno dei pochi esempi ancora esistenti a Valencia di edifici di culto medievali con pianta a navata unica.

Lo spazio centrale è completamente decorato con pitture parietali realizzate da Dionís Vidal. La decorazione pittorica si estende come una pelle a tutta l'architettura, rivestendone tutti gli elementi, dalla zona basamentale fino alla chiave delle volte, evidenziandone la geometria ma, al contempo, alleggerendola notevolmente; ciò dà vita a una curiosa fusione che permette all'osservatore di godere di una decorazione barocca e, al contempo, di apprezzare la matrice geometrica gotica originale.

Per mezzo della pittura, l'artista realizza una sorta di impalcato decorativo fondato su un'architettura illusoria che parte dalla struttura architettonica reale per poi sfondarla aprendola verso l'esterno. La decorazione sfrutta gli archi che separano le volte e le nervature delle crociere, descrivendo, in ognuno di questi spazi, scene della vita dei santi ai quali la chiesa è dedicata, san Nicola di Bari e san Pietro da Verona, figure allegoriche e putti con iscrizioni e fiori. Nelle lunette delle cappelle laterali la decorazione incornicia le finestre dando luogo a un'architettura semplice, decorata con angeli che sostengono nastri con iscrizioni e vasi di fiori. Nella volta sono rappresentati i dodici Apostoli. Gli elementi architettonici, le nuvole e le scritte dorate conferiscono profondità allo spazio compositivo, unitamente al colore, che contribuisce



2/ Mappatura della distribuzione dell'umidità sulla decorazione pittorica: stato di fatto prima dell'intervento di restauro (arch. C. Campos González e équipe del restauro).

Mapping the location of moisture in the pictorial decoration: before restoration (Arch. C. Campos González and the restoration team).

3/ Mappatura dei distacchi e delle fessurazioni: stato di fatto prima dell'intervento di restauro (progetto di massima e progetto esecutivo arch. C. Campos González).

Mapping the detached parts and fissures: before restoration (draft project and final project. Arch. C. Campos González).

details, macro photographs and infrared and ultraviolet photographs; mapping of the damage and degradation;

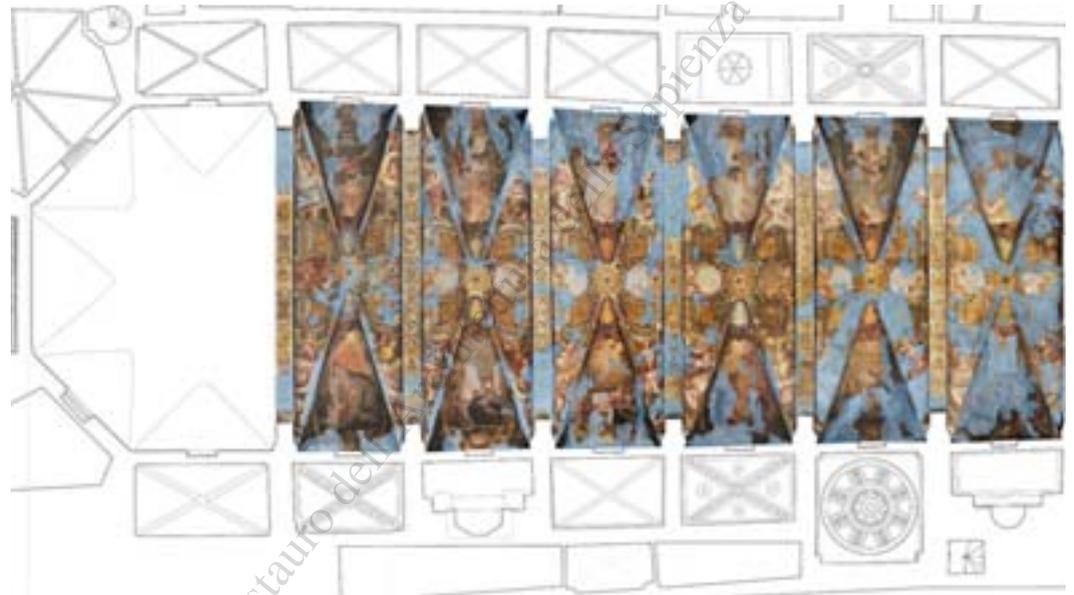
- study of the alteration materials and products using non-invasive methods: *characterisation of mortars, pictorial techniques, deposits and contaminants using optic microscopes, scanning electron microscopes with X-ray microanalysis (SEM/EDX), FT-IR spectroscopy, X-ray diffraction, gas-chromatography mass spectrometry, ionic chromatology, etc.; interpretation of the results;*
- evaluation and verification of previous interventions: *verification of the suitability of interventions regarding consolidation, fixing, cleaning and reintegration of the wall paint by sampling the products and techniques employed; monitoring behaviour and verification of the results and procedures employed;*
- environmental study and identification of microbiological factors: *establishing the microclimate and contaminating components in the environment, the church and on the pictorial surface.*

The church

On 5 June 1981, the parish church of San Nicolás Obispo y san Pedro Mártir was declared a Monumento Histórico Artístico de carácter nacional (Royal Decree 1757/1981).³ The church is part of an enclave with medieval remains located in the homonymous square in the old city centre of Valencia. The Gothic church built over a pre-existing mosque dates to the mid-thirteenth century and is one of the first Christian churches in Valencia; written sources agree it was one of the first sacred buildings built by order of King Jaime I after conquering Valencia (1238).

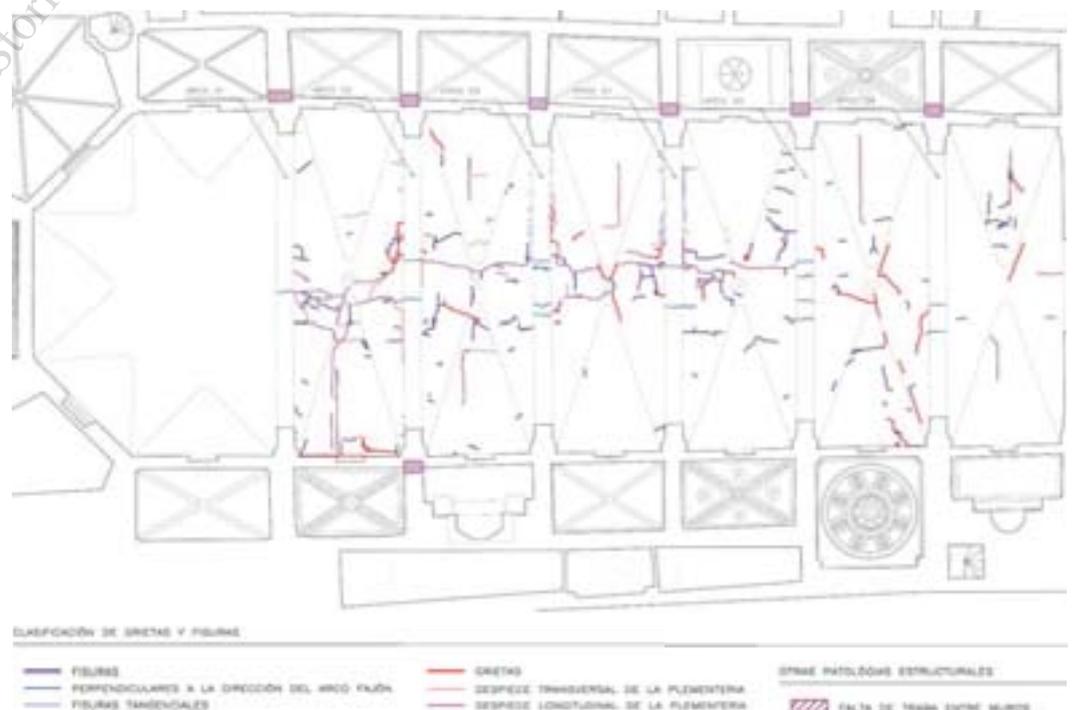
The formal design of the church was inspired by southern Gothic architecture: a single nave with six spans, side chapels, a polygonal apse on a pentagonal base, and simple groin vaults on the ceiling.

Together with the Real Parroquia de los Santos Juanes and the Church of San Martín Obispo y san Antonio Abad, the church is one of the few remaining examples of sacred



a posizionare i piani nella loro corretta successione spaziale. Per i gruppi di figure che rappresentano il nucleo narrativo centrale di ogni spazio, l'autore utilizza contrasti cromatici intensi ma armoniosi, con gamme di rossi, azzurri, verdi e terre di Siena. Il giallo ocre e una vasta gamma di colori derivati da miscele ottenute con terre e tinte

bruciate sono impiegati per corone e medaglioni che separano le scene contribuendo alla resa della profondità spaziale, come pure le pennellate dorate che rinforzano questi stessi elementi. Gli elementi in secondo piano sono ottenuti tramite il ricorso a una gamma limitata di terre, mentre i piani più lontani dall'osservatore sono rea-



lizzati con sfumature più delicate e chiare che vanno dai grigi alle tonalità del giallo chiaro.

La trama pittorica presenta un'organizzazione serrata, con pennellate decise che contribuiscono a definire le forme e che diventano particolarmente evidenti nei bianchi, misti a calce e impiegati per far risaltare la luce in punti specifici del dipinto.

La plasticità volumetrica delle forme dipinte è ottenuta per mezzo del colore, per contrasti forti più che per velature. Sulla superficie pittorica decorata a fresco si individua la presenza di molte pennellate eseguite sull'intonaco già secco che in alcuni punti passano da una giornata all'altra realizzate sia per evidenziare l'ombreggiatura e il disegno, sia per completare alcune parti del dipinto.

I riferimenti biografici sul pittore valenciano Vidal scarseggiano, ad eccezione delle citazioni di Antonio A. Palomino e degli storici Marcos Antonio De Orellana, Juan Agustín Ceán Bermúdez e Josep María Ruiz de Lihory i Pardines (Barón de Alcahalí); non va dimenticato, inoltre, l'importante articolo di Miguel Ángel Catalá Gorgues che raccoglie i dati accuratamente esposti dagli autori già citati⁴.

Da queste fonti sappiamo che Vidal è nato a Valencia intorno al 1670 e che si è formato professionalmente in alcune botteghe gestite da pittori valenciani come Juan Antonio Conchillos, José Orient, Miguel March, Pablo Pontons, Yepes, ..., come sostiene Catalá. Catalá propende per l'ipotesi che Vidal abbia lavorato presso il pittore Conchillos, mentre Ceán Bermúdez sostiene che egli fu discepolo di Palomino a Madrid. Secondo Ruiz de Lihory, Vidal sarebbe nato nel 1670 e sarebbe stato dapprima allievo, poi amico fraterno di Palomino. Sotto la direzione di Palomino e sulla base di un suo disegno, egli avrebbe affrescato le volte della chiesa di san Nicolás Obispo y san Pedro Mártir tra il 1694 e il 1700 e questo lavoro sarebbe stato giudicato eccellente⁵.

Stato di conservazione e quadro diagnostico

L'accesso diretto ad alcune parti degli affreschi e degli stucchi ha permesso di identificare, localizzare e quantificare, rispetto all'intera decorazione, le aree deteriorate e le cause del degrado, individuate grazie alla ricca documentazione fotografica e all'impiego di strumenti informatici per la topografia, come, ad esempio, i sistemi GIS, che permettono di archiviare e gestire i da-

ti quantitativi relativi alle alterazioni rilevate. Il ricorso a sistemi GIS nella redazione della mappatura del degrado permette di approfondire la conoscenza della superficie pittorica e la distribuzione spaziale delle criticità. Per questo lavoro abbiamo optato per un software che risulta uno dei più diffusi nel settore, ovvero ArcGIS® Desktop, versione 9.3, con un insieme di strumenti di visualizzazione e editing cartografici sviluppato dalla nordamericana ESRI® (Environmental Systems Research Institute).

La fase di ricognizione diagnostica ha confermato un preoccupante degrado della pittura e della decorazione. Al processo di scurimento di tutte le superfici, dovuto al deposito di ingenti quantità di polvere e fuliggine, si unisce la presenza di aree in cui la colorazione risulta pesantemente alterata, con aree biancastre e macchie irregolari di origine diversa, distribuite su tutta la superficie pittorica. Un discorso a parte deve essere fatto per le lunette della navata, dove i problemi già segnalati diventano più gravi, in particolare in prossimità delle finestre, dove si concentrano gravi lacune e distacchi dell'intonaco dipinto.

Dalla fine del Seicento, epoca in cui le pitture furono eseguite (1694-1700), ad oggi, l'opera ha subito un graduale processo di degrado determinato sia dal normale utilizzo dello spazio come luogo di culto che dagli interventi architettonici e dai restauri operati sull'edificio.

All'intervento neogotico del 1864 si deve la forma allungata delle lunette: questo intervento ha causato la perdita di parte della decorazione originale e i successivi interventi su struttura, rivestimenti e colorazione.

È noto che la doratura dell'altare maggiore e la ridipintura degli affreschi risalgono al 1867, ma non sappiamo se questi interventi sono andati oltre la zona del presbiterio⁶.

Per comprendere l'attuale stato di conservazione risulta determinante la conoscenza dell'unico restauro serio e documentato di tutto l'organismo architettonico. Tra il 1917 e il 1919, José Renau Montoro⁷ ha effettuato un intervento che mirava a risolvere quei problemi che lui stesso ha riconosciuto come presenza di grandi macchie di salnitro dovute a infiltrazioni di acqua e un processo di annerimento dovuto al fumo dei ceri, all'incenso e al respiro di molte generazioni di fedeli⁸.

La presenza di queste macchie di salnitro con-

medieval buildings with a single nave in Valencia.

The central space is completely decorated with frescoes by Dionís Vidal. The pictorial decoration stretches like a skin over the whole church covering all the elements from the floor to the keystones, emphasising the geometry and, at the same time, making it remarkably lighter; this strange merger allows visitors to enjoy a Baroque decoration and yet also appreciate the original geometric Gothic matrix.

The artist uses the paintings to create a sort of decorative background based on illusionist architecture that starts from the real architectural structure and then goes right through and on to the exterior. The decoration exploits the arches between the vaults and the ribs of the groin vault; all the spaces involved are covered in scenes from the lives of the saints to which the church is dedicated (St. Nicholas of Bari and St. Peter of Verona), allegorical figures, and putti with inscriptions and flowers. The decoration in the lunettes of the side chapels frames the windows and creates a simple architecture embellished with angels holding ribbons with inscriptions and vases full of flowers. The twelve apostles are depicted in the vault.

The architectural elements, clouds and gilt inscriptions give depth to the compositional space, as do the colours that help to position the planes in their correct spatial sequence. The author uses intense but harmonious chromatic contrasts for the groups of figures representing the main narrative story in every space: reds, blues, greens and Sienna browns. For the crowns and medallions between the scenes he used ochre yellow and several different colours created by mixing browns and burnished hues, thereby enhancing spatial depth. These colours and the golden brush strokes further strengthen these elements. Instead the background elements were created by using a limited number of browns, while the planes furthest away from the observer were created using more delicate, lighter nuances ranging from greys to light yellow.

The compact pictorial pattern is organised using firm brush strokes to help define shapes; the strokes become particularly obvious in the

4/5/ Mappatura dei danni: prima crociera.
Mapping the damages: first groin vault.

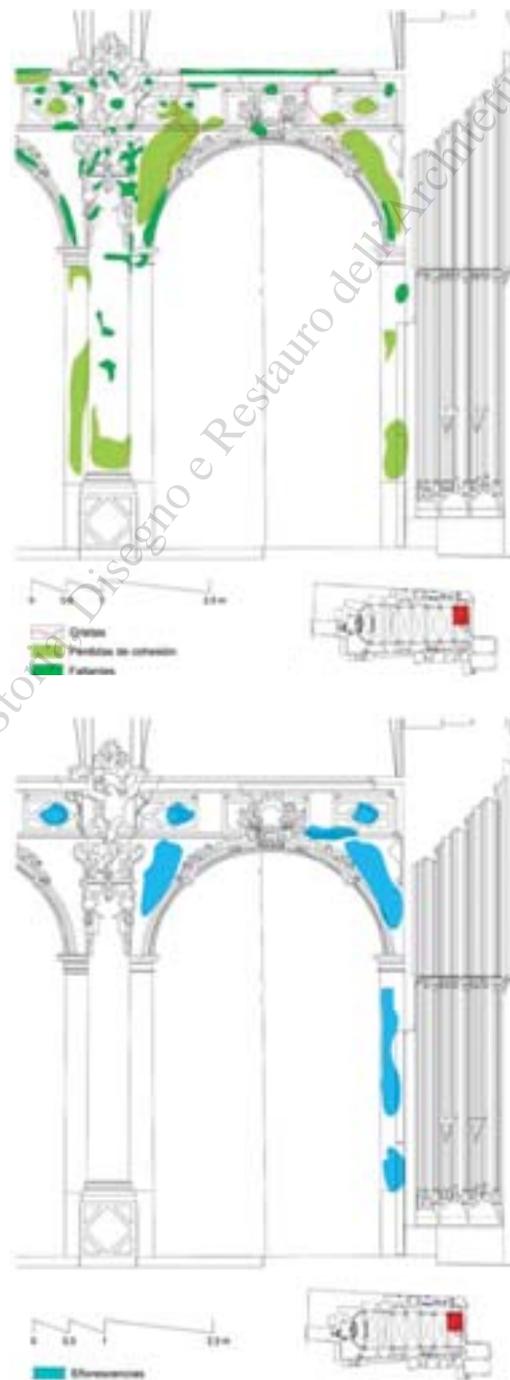
whites mixed with lime used to emphasise the light in specific areas of the painting. Colour and strong contrast rather than glaze creates the volumetric plasticity of the painted forms. On the frescoed pictorial surfaces one can make out many brush strokes executed on dry plaster which in some places were executed on different days; they were either made to highlight the hatching and the drawing or to complete parts of the painting.

Very few biographical references exist about Vidal, the painter from Valencia, except for the citations by Antonio A. Palomino and the historians Marcos Antonio De Orellana, Juan Agustín Ceán Bermúdez and Josep María Ruiz de Libory i Pardines (Barón de Alcahalí). In addition, an important article by Miguel Ángel Catalá Gorgues includes all the data accurately reported by the afore-mentioned authors.⁴ These sources tell us that Vidal was born in Valencia around 1670 and studied at the bottega run by Valencian painters including Juan Antonio Conchillos, José Orient, Miguel March, Pablo Pontons, Yepes, etc., as reported by Catalá. While Catalá supports the hypothesis that Vidal worked with the painter Conchillos, Ceán Bermúdez maintains instead that he was Palomino's disciple in Madrid. According to Ruiz de Libory i Pardines, Vidal was born in 1670 and was initially Palomino's pupil and then fraternal friend. Under Palomino's supervision, and based on one of his drawings, he is said to have frescoed the vaults of the church of San Nicolás Obispo y san Pedro Mártir between 1694 and 1700. The work was apparently deemed to be excellent.⁵

State of conservation and diagnosis

Direct access to parts of the frescoes and stuccoes allowed us to identify, locate and quantify the deteriorated areas in the decoration as well as the cause of the degradation. This was achieved by using extensive photographic documentation and topographic computer tools, for example GIS systems that file and manage quantitative data about the surveyed alterations. Using GIS systems during mapping of the degradation allowed us to not only get a better understanding of the pictorial surface, but also identify where the critical areas were located. In fact we decided to use one of the most popular software programmes

ferma l'esistenza di problemi strutturali endemici nella copertura e nei rivestimenti: la mappatura del degrado dovuto alla presenza di umidità rivela infatti che le cause di queste infiltrazioni sono molteplici. Si notano infiltrazioni accidentali dovute a fessurazioni, come quelle che



si notano nella lunetta 6, infiltrazioni per capillarità dall'alto e laterale nelle lunette e all'imposta degli archi (percorso naturale dell'acque dalle coperture originali), e una capillarità di risalita che riguarda le parti basamentali e i pilastri. Non dovrebbero essere dimenticati inoltre i fenomeni legati alla formazione di condensa in alcune parti della decorazione, fenomeno che, effettivamente, è visibile anche sulla pavimentazione della navata.

Nel complesso, abbiamo verificato che l'umidità interessa quasi il 30% della superficie delle volte e il 70% delle lunette: si hanno dunque circa 400 m² di superficie danneggiata sui quasi 1.000 m² di decorazione, senza contare i pilastri laterali e gli archi.

L'impiego del gesso come materiale per il rivestimento delle pareti interne e per la loro preparazione per la decorazione pittorica, comune in Spagna, rende queste superfici particolarmente esposte al rischio che gli affreschi subiscano gravi danni se sottoposti a frequenti infiltrazioni di umidità.

A uno studio approfondito queste aree rivelano perdita di coesione e fenomeni di distacco e sfaldamento dovuti alla presenza di efflorescenze. Questi fenomeni sono stati aggravati dalla presenza di un materiale proteico, identificato come caseina, applicato in alcuni dei precedenti interventi come fissante e rivitalizzante del colore. La sua presenza distribuita in maniera capillare su tutta la superficie ha causato la formazione di ossalati. Possono essere attribuite alla presenza di caseina anche le tensioni superficiali che favoriscono la perdita di coesione della pellicola pittorica e la difficoltà di traspirazione della parete, cosa che ha causato, in alcune aree, fori e lacune.

La maggior parte delle aree danneggiate dall'umidità si trova in corrispondenza delle aree che, per diversi motivi, hanno subito importanti interventi di ridipintura. In molti casi la ridipintura ricostruisce aree della decorazione che sono andate perdute, mentre in altri casi completa semplicemente piccole lacune e riprende il disegno di parti cancellate dalle efflorescenze saline. In generale, anche questi interventi di ridipintura hanno subito gravi danni per quanto riguarda coesione e colore. I movimenti strutturali legati alle proprietà fisico-meccaniche dei materiali della struttura

6/ Mappatura dei danni: prima crociera.
Mapping the damages: first groin vault.
 7/ 8/ 9/ Mappatura dei processi di intervento:
 consolidamento, fissazione superficiale e puliture specifiche.
*Mapping the interventions: consolidation, superficial fixing
 and specific cleaning.*

muraria – pietra, intonaci di gesso e di calce – hanno provocato un quadro fessurativo in cui compaiono diversi tipi di fessurazioni e diversi livelli di degrado, provocando in molti casi perdita di coesione tra gli strati.

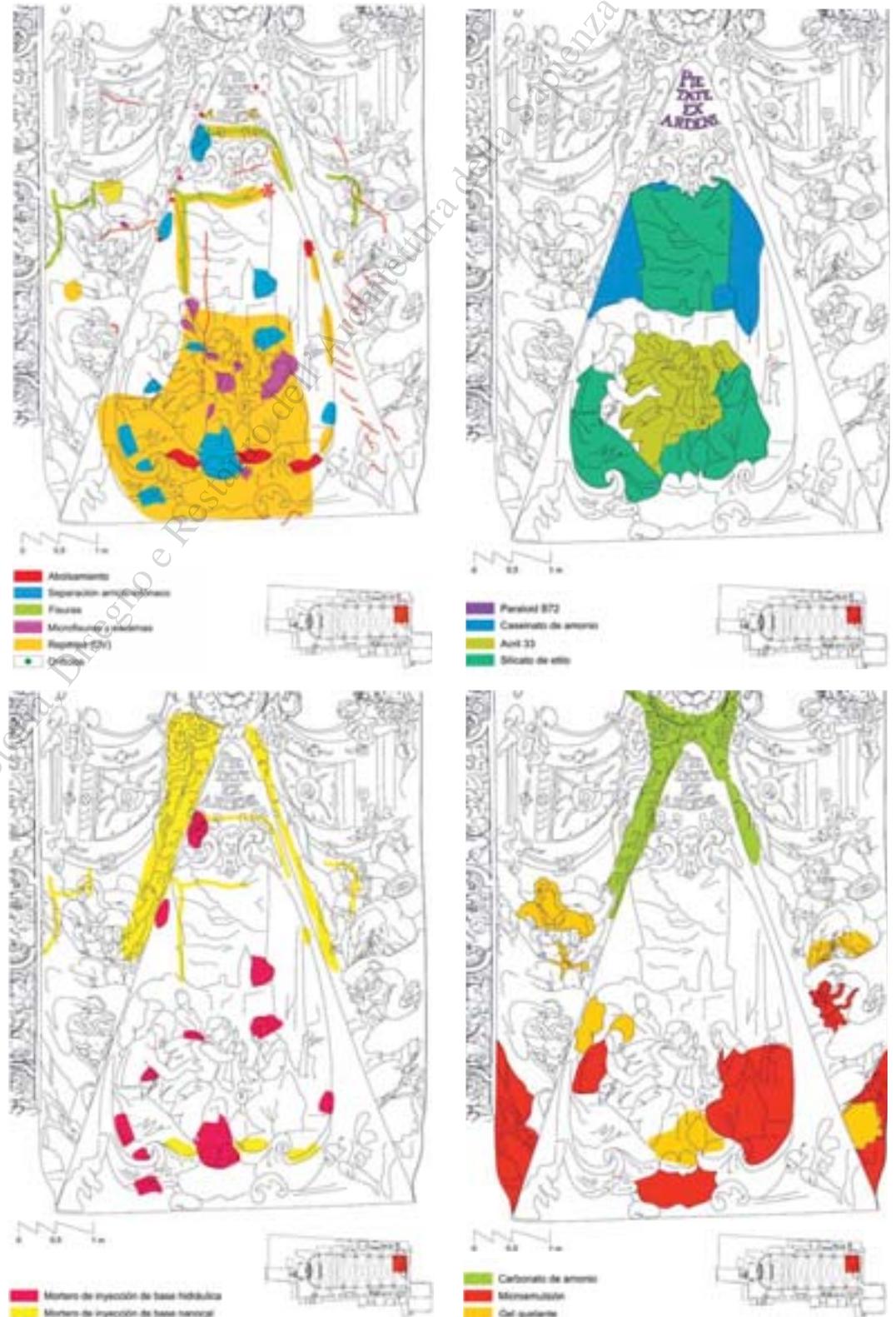
Il fatto di aver realizzato gli affreschi direttamente sulla struttura gotica voltata senza realizzare appositamente volte e cupole è uno degli elementi che hanno influito maggiormente sull'attuale stato di conservazione. Il livellamento dei conci con laterizi e malte a base di gesso, ancorate alla muratura con chiavi di ferro, ha facilitato il distacco di questi strati, compresa la pellicola pittorica. In questo caso è stato impiegato il georadar⁹ per l'individuazione delle discontinuità associate al passaggio tra materiali diversi. Questa indagine è stata effettuata evitando il contatto diretto degli strumenti con la superficie pittorica in modo da garantirne la conservazione.

Infine, è stato condotto uno studio sulla contaminazione microbiologica dell'ambiente e delle pitture che ha confermato la presenza sulle superfici di agenti che potrebbero causare un biodegrado, anche se non si riscontra un'estensione del fenomeno.

Le sculture lignee e gli stucchi presentano un quadro patologico specifico legato sia alle stesse tecniche che alle loro caratteristiche, all'interno del quale il fenomeno più rilevante è l'importante deposito di sporco. In generale, gli stucchi mantengono un buono stato strutturale, rivelando puntuali perdite di volumetria e lacune del rivestimento che lasciano scoperta la malta di gesso. Questo rivestimento policromo presenta molte aree inficiate da microfessurazioni a rischio di un graduale distacco.

Numerose ridipinture cercano di nascondere queste lacune e di restituire la colorazione generale, attenuata da un processo di scurimento. Classificati e diagnosticati i danni e le alterazioni che interessano l'apparato decorativo, si è passati al loro rilevamento per ottenere piante che ne permettessero l'immediata individuazione, quantificazione e differenziazione qualitativa, così come la valutazione dell'estensione degli interventi e il controllo dei costi.

La fase diagnostica è stata completata con la progettazione degli interventi di restauro. Per confermare le valutazioni diagnostiche e determinare la fattibilità di alcuni interventi di recupero, sono stati effettuati una serie di saggi che miravano



10/ Bozzetto di Antonio Palomino (1655-1726) per gli affreschi della navata centrale della chiesa di san Nicolás Obispo y san Pedro Mártir, realizzato a Madrid nel 1692 ca. (Museo Nacional de Cerámica y Artes Suntuarias González Martí, Valencia; fotografia concessa dalla Fondazione "La Luz de las Imágenes").

Sketch by Antonio Palomino (1655-1726) for the frescoes of the main nave in the church of San Nicolás Obispo y san Pedro Mártir, executed in Madrid in approximately 1692 (Museo Nacional de Cerámica y Artes Suntuarias González Martí,

Valencia; photograph kindly provided by the Foundation 'La Luz de las Imágenes').

11/ Ricostruzione del dipinto ad opera di J. Renau Montoro realizzata sulla base al bozzetto di Antonio Palomino (dopo il restauro).

Painting by J. Renau Montoro based on the sketch by Antonio Palomino (after restoration).

in this field, the ArcGIS® Desktop, version 9.3, with a set of visualisation and cartographic editing tools developed by the North American company ESRI® (Environmental Systems Research Institute).

Diagnostic reconnaissance confirmed serious degradation of the pigment and decoration. All the surfaces had darkened due to the deposit of huge amounts of dust and soot; in other areas colours had changed radically. Several whitish areas and different kinds of irregular stains were present all over the pictorial surface.

The lunettes of the nave are a case apart; the aforementioned problems are more serious in the lunettes along the nave, especially near the windows where we found large gaps and places where the painted plaster had peeled away. From the late seventeenth century, the period when the paintings were executed (1694-1700), to the present day, the frescoes have gradually deteriorated due to both normal use of the church and architectural interventions and restoration work performed on the building.

The elongated form of the lunettes was created during the neo-Gothic intervention in 1864: this intervention eliminated part of the original decoration as well as later interventions on the structure, cladding and colours.

We know that the gilt on the main altar and the repainting of the frescoes date to 1867, but we do not know if these interventions involved areas outside the presbytery.⁶

To understand its current state of conservation it's vital we be familiar with the only serious, documented restoration of the entire architectural organism. Between 1917 and 1919 José Renau Montoro⁷ carried out an intervention to solve the problems which he himself had identified: the presence of large stains of saltpetre due to infiltration of water, and blackening due to the smoke from the candles, incense and the breath of many generations of believers.⁸

The saltpetre stains are proof of endemic structural problems in the roof and claddings. In fact, mapping of the degradation due to moisture revealed that these infiltrations have multiple causes. Some are accidental due to fissuring, for example in lunette 6; others are capillary and enter from the top and sides of the lunettes and the impost of the arches (the natural route of water from the original roof); still others are due



a verificare l'effettiva realizzabilità sul piano tecnico della pulitura, dell'eliminazione dei depositi e del consolidamento delle superfici.

Dopo una valutazione delle alternative tecniche, è stata messa a punto una proposta di intervento stabilendo la suddivisione per fasi degli interventi di restauro che sono attualmente in corso.

Primi risultati

Tenendo conto della diversità e della eterogeneità dei sedimenti da eliminare in relazione allo stato di conservazione degli strati originali, la pulitura e il consolidamento di questa opera costituiscono un processo complesso che deve essere affrontato in modo graduale, operando una serie di scelte e mettendo a punto una metodologia specifica in funzione delle cause individuate.

La tecnica pittorica impiegata da Vidal, che ha impiegato pigmenti non raccomandati per la pittura a fresco come il vermiglio o il giallo di Napoli, e la presenza massiccia del gesso nei diversi strati pittorici portano a scartare molti dei sistemi di pulizia tradizionali, basati sul solfato di calcio.

Dopo le prime settimane di attività abbiamo potuto constatare che la presenza di ridipinture era più massiccia del previsto. Alcuni degli interventi storici dei quali abbiamo parlato hanno lavorato sul risarcimento delle fessurazioni che si ramificano in tutte le direzioni lungo le nervature e i conci della prima crociera, per poi intervenire con una ridipintura eccessiva dell'intera composizione: fortunatamente, è emerso che molte di queste ridipinture coprivano aree in cui la pittura originale era ancora in buono stato.

Come criterio generale, si è optato per l'eliminazione di tutti quei ritocchi che non assolvevano ad alcuna funzione estetica, né per la loro qualità, né per il loro stato di conservazione. Ovviamente sono stati conservati gli interventi eseguiti da Montoro che completavano la componente figurativa in quelle parti in cui questa rischiava di andare completamente perduta. Va sottolineato il fatto che, in questa fase, è stato possibile, per alcune delle aree interessate, fare affidamento su materiale grafico storico, in particolare sui bozzetti di Palomino utilizzati da Vidal e sui quali si è basato anche l'intervento di Renau Montoro. È stato stabilito un protocollo per la pulitura organizzato per fasi successive:

12/ La prima crociera dopo il restauro, particolare.
The first groin vault after restoration, detail.

1. pulitura delle superfici e rimozione delle polveri con metodi a secco;
2. pulitura della superficie mediante applicazione di acqua distillata;
3. pulitura fisico-chimica superficiale con soluzioni acquose o sospensioni dense;
4. pulitura specifica con tecniche alternative come laser e biopulitura.

Molti dei processi di pulitura sono stati realizzati dopo operazioni di consolidamento e fissaggio della pittura, in modo da restituire coesione al supporto e allo strato pittorico. Sono stati impiegati consolidanti organici in maniera puntuale per risolvere il problema della perdita di adesione delle lamine dorate e della doratura e per salvaguardare le ridipinture che andavano conservate.

Le integrazioni delle lacune di intonaco sono state realizzate nel rispetto della composizione originale utilizzata da Vidal, che aveva impiegato una tradizionale malta di calce grassa, polvere e quarzite di granulometria calibrata.



Per il ritocco pittorico è stato impiegato il rigatino come trattamento grafico per rendere individuabili gli interventi e l'acquarello come tecnica pittorica, in modo da ottenere un reintegro armonico e rispettoso.

Traduzione dallo spagnolo di Laura Carlevaris

1. *Scheda tecnica*: contratto firmato nel 2013 tra l'Arcivescovado di Valencia e la Universitat Politècnica de València per il restauro delle pitture parietali, della componente scultorea e del rivestimento ornamentale della navata centrale della chiesa di San Nicolás Obispo y San Pedro Mártir de Valencia. *Responsabili dei lavori e del coordinamento dell'esecuzione congiunta dell'opera*: arch. Carlos Campos González, ing. Rafael Pastor Ferrandis. *Responsabile del restauro pittorico*: dott.ssa. Pilar Roig Picazo. *Équipe di restauro*: responsabile dott. José Luis Regidor; coordinamento dell'équipe del restauro dott.ssa Lucía Bosch; restauratori Gemma Barreda, Antoni Colomina, Gemma Gómez, José María Juan, María del Pilar Martín, Beatriz del Ordi, María Amparo Peiró, Paula Pérez, Aurora Inmaculada Rubio; collaboratori al restauro: dott.ssa Julia Osca, dott.ssa Pilar Soriano, dott.ssa Mercedes Sánchez, dott.ssa Antonia Zalbidea. *Supervisione e controllo di qualità*: riprese fotografiche e video dott. José A. Madrid, dott. Juan Valcárcel; ricerca iconografica dott.ssa Juana Bernal; studio fisico-chimico dott.ssa Teresa Doménech, dott.ssa Laura Oset; studio del biodegrado dott.ssa Rosa Montes, dott.ssa Pilar Bosch; studio geofisico dott. Jorge Gosálbez; studio del colore dott.ssa María Luisa Martínez; monitoraggio termogrometrico ing. Enrique Vivó; coordinamento del processo di attuazione, monitoraggio e controllo arch. Valeria Marcenac.

2. Il lavoro di documentazione si è svolto in biblioteche specializzate, in centri di ricerca e presso il Ministero della Pubblica Istruzione, Cultura e Sport (Biblioteca General de la Universitat Politècnica de Valencia, Biblioteca Valenciana, Archivo de la Real Academia de San Carlos, etc.).

3. BOE 10.08. 1981.

4. Palomino de Castro y Velasco 1796; De Orellana 1930; Ceán Bermudez 1800; Ruiz de Lihory i Pardines 1897; Catalá Gouges 1983.

5. Ruiz de Lihory i Pardines 1897, p. 321.

6. Diez Romero, López Ballester 2002, p. 802.

7. Restauratore e Direttore del Museo e della Escuela de Bellas Artes de San Carlos di Valencia.

8. Manaut Nogués 1920.

9. Si veda: Bosch et al. 2014.

to moisture rising from the floor and pilasters. In addition, some phenomena were caused by condensation in several parts of the decoration. This phenomenon is also visible on the floor of the nave.

We verified that moisture is present in almost 30% of the surface of the vaults and in 70% of the lunettes: as a result, roughly 400 square metres of the surface of the decoration has been damaged out of a total of 1,000 square metres, without including the side pilasters and the arches.

Although the use of gypsum to clad interior walls and prepare them for pictorial decoration is normal in Spain, the risk associated with this practice is that repeated infiltration of moisture can severely damage the frescoes on these surfaces.

A more in-depth study revealed that these areas have lost cohesion and efflorescence has caused peeling and flaking. These phenomena have worsened due to the presence of a protein-based material – casein – used during several of the previous interventions as a fixative and also to brighten the colours. The fact it was spread all over the surface has caused the formation of oxalates. Casein has also caused surface tension which in turn has prompted loss of cohesion of the pictorial film making it difficult for the wall to breathe and causing gaps and holes to appear in several areas.

Most of the areas damaged by moisture are located in places which, for various reasons, have been extensively repainted. In many cases the repainting has recreated parts of the missing decoration, while in others it has simply filled in small gaps and retraced the design of parts eliminated by the salt efflorescence. In general, even the cohesion and colour of these repainted parts have also been seriously affected.

The structural movements caused by the physical and mechanical properties of the materials used for the walls – stone, gypsum and lime plasters – have led to extensive fissuring, different kinds of gaps, and degradation. In many cases the strata are no longer attached to one another.

The fact the frescoes were painted directly on the vaulted Gothic structure without creating special vaults and domes is one of the elements that has impacted most on the state of

conservation. Levelling the ashlar with bricks and gypsum-based mortars, fixed to the walls with iron grips, has facilitated detachment of these strata, including the pictorial film. We used a georadar⁹ to identify the discontinuous parts between different materials. We were also careful to avoid placing the instruments against the pictorial surface in order to preserve it. Finally, our study of the microbiological contamination of the environment and the paintings confirmed the presence of agents on the surface; these agents could cause biodegradation, even if this phenomenon is not widespread.

The pathologies of the wooden sculptures and the stuccoes depend on the techniques used to make them and their characteristics; dirt deposits are the most important pathology. In general, the state of the structure of the stuccoes is good with local loss of volume and gaps in the outer cladding revealing the gypsum mortar. Microfissures are present in many areas of the polychrome cladding where there is a high risk of gradual detachment. These gaps have often been repainted to try and hide them and recreate the overall colour which, however, has slowly darkened.

We then classified and diagnosed the damages and alterations of the decorations and performed a survey to draft plans which would allow us to immediately identify, quantify and qualitatively differentiate them. We also assessed the extent of any future intervention and examined the costs.

Once the diagnostic phase was completed we drew up a restoration programme. To confirm our diagnoses and establish the feasibility of several recovery interventions we performed a series of tests to verify whether or not it was technically feasible to clean the artefacts, eliminate the deposits and consolidate the surfaces.

After evaluating several different techniques we developed an intervention programme and then divided it into stages based on the restoration interventions already underway.

Preliminary results

Cleaning and consolidating the decorations is a slow, complex process. It has to take into account the different heterogeneous sediments that have to be eliminated depending on the state of

conservation of the original strata. Several choices have to be made and a specific methodology has to be developed for each individual cause.

Vidal's pictorial technique involved the use of pigments not suited to frescoes, e.g., vermilion or Naples yellow. Furthermore, extensive use of gypsum in the pictorial layers makes it impossible to employ many traditional cleaning systems based on calcium sulphate. After several weeks we realised that the repainting was more extensive than expected. Some of the former interventions mentioned earlier had initially focused on the fissures running in all directions along the ribbing and ashlar of the first groin vault; the whole composition had then been over-painted: happily, the original painting under many of the repainted areas was still in good shape. As a rule of thumb we decided to eliminate all the touched-up parts that had no aesthetic function as regards their quality or state of conservation. Obviously we did not eliminate Montoro's interventions that completed the figurative elements in areas where the latter might have been lost forever. We should point out that during this phase we exploited historical graphic material for some of the areas in question, for example the sketches by Palomino used by Vidal. These sketches were also extensively used by Renau Montoro when he worked on the decorations.

The cleaning protocol was organised in stages:

1. cleaning of the surfaces and removal of the dusts using dry methods;
 2. cleaning of the surface using distilled water;
 3. superficial physical-chemical cleaning with aqueous or dense suspension solutions;
 4. cleaning with alternative techniques such as laser cleaning and biocleaning.
- Many of these cleaning systems were used after consolidation and anchoring of the painting to join the support and pictorial strata. Organic consolidation hardeners were used locally to solve the problem of the loss of adhesion of the gilt leafs and gilding and also to protect the touched-up parts that had to be preserved. Gaps in the plaster have been filled using Vidal's original mixture, a traditional combination of hydraulic lime mortar, dust and calibrated quartzite grains.

We used the 'rigatino' method for the pictorial touching-up, so that the interventions were visible to the naked eye, and watercolours as a pictorial technique to create a harmonious and respectful restoration.

1. Technical sheet: contract signed in 2013 between the Archbishopric of Valencia and the Universitat Politècnica de València for the restoration of the wall paintings, sculptures and ornamental cladding of the main nave of the Church of San Nicolás Obispo y San Pedro Mártir de Valencia. Project supervisor and coordination of the joint execution of the project: Arch. Carlos Campos González, QS Rafael Pastor Ferrandis. Supervisor of the pictorial restoration: Pilar Roig Picazo, Ph.D. Restoration team: director José Luis Regidor, Ph.D.; restoration team coordinator Lucia Bosch, Ph.D.; restorers Gemma Barreda, Antoni Colomina, Gema Gómez, José María Juan, María del Pilar Martín, Beatriz del Ordi, María Amparo Peiró, Paula Pérez and Aurora Inmaculada Rubio; restoration collaborators Julia Oca, Ph.D., Pilar Soriano, Ph.D., Mercedes Sánchez, Ph.D. and Antonia Zalbidea, Ph.D. Supervision and quality control: photographs and videos José A. Madrid, Ph.D., Juan Valcárcel, Ph.D.; iconographic research Juana Bernal, Ph.D.; physical and chemical study Teresa Doménech, Ph.D. and Laura Osete, Ph.D.; biodegradation study Rosa Montes, Ph.D., Pilar Bosch, Ph.D.; geophysical study Jorge Gosálbez, Ph.D.; colour study María Luisa Martínez, Ph.D.; temperature and humidity monitoring Eng. Enrique Vivó; coordination of the implementation, monitoring and control process Arch. Valeria Marcenac.

2. Documentation was found in specialised libraries, research centres and the Ministry of Public Education, Culture and Sport (Biblioteca General de la Universitat Politècnica de València, Biblioteca Valenciana, Archivo de la Real Academia de San Carlos, etc.).

3. BOE 10.08. 1981.

4. Palomino de Castro y Velasco 1796; De Orellana 1930; Ceán Bermúdez 1800; Ruiz de Libory i Pardines 1897; Catalá Gorgues 1983.

5. Ruiz de Libory i Pardines 1897, p. 321.

6. Díez Romero, López Ballester 2002, p. 802.

7. Restorer and Director of the Museum and Escuela de Bellas Artes de San Carlos, Valencia.

8. Manaut Nogués 1920.

9. See: Bosch et al. 2014.

References

- AA. VV. 2007. *Guía de Arquitectura de Valencia*. Valencia: CTAV, 2007. ISBN: 84-8682-874-0.
- Albesa Casado David. 1998. Ciro Ferri i la cúpula de Sant'Agnes in Agone a la pintura catalana i valenciana del segle XVIII. *Pedralbes: Revista d'història moderna*, 18, 1, 1998, pp. 381-400.
- Aldea Hernández Ángela. 1990. El artista José Renau Montoro, restaurador pictórico. *Archivo de Arte Valenciano*, 71, 1990, pp. 110-119.
- Benito Goerlich Daniel. 2010. Revestimientos barrocos valencianos. In *El barroco en las catedrales españolas*. Zaragoza: Institución Fernando El Católico, 2010, pp. 153-179.
- Bérchez Joaquín, Jarque Francisc. 1993. *Arquitectura barroca valenciana*. Valencia: Bancaixa, 1993, p. 54. ISBN: 848-76-8438-6.
- Bérchez Gómez Joaquín. 1983. *Catálogo de monumentos y conjuntos de la Comunidad Valenciana*. Valencia: Conselleria de Cultura, Educación y Ciencia, 1983. 289 p. ISBN: 84-5008-937-9.
- Bosch Ignacio, Gosálbez Jorge, Miralles Ramón, Genovés Vicente. 2014. Anlysis of st. Nicolas church by means ground penetrating radar technique. In *11th International Conference on non-destructive investigations and microanalysis for the diagnostics and conservation of cultural and environmental Heritage*. Madrid, 11-13 giugno 2014.
- Bosch Roig Pilar, Regidor Ros José Luis, Montes Estellés Rosa María. 2013. Biocleaning of nitrate alterations on wall paintings by pseudomonas stutzeri. *International Biodeterioration & Biodegradation*, 84, 2013, pp. 266-274.
- Catalá Gorgues Miguel Ángel. 1983. Un esbozo sobre el pintor valenciano Dionís Vidal. *Archivo de arte valenciano*, 64, 1983, pp. 23-27.
- Ceán Bermúdez Juan Agustín. 1800. *Diccionario Histórico de los más ilustres profesores de las Bellas Artes en España*. Madrid: Real Academia de San Fernando, 1800, pp. 220-222.
- Chiner Juan José, Simó José Manuel. 1983. Iglesia de San Nicolás de Bari y San Pedro. In *Catálogo de monumentos y conjuntos de la Comunidad Valenciana*. II parte. Valencia: Conselleria de Cultura, Educación y Ciencia de la Generalitat Valenciana, 1983, pp. 591-597.
- Coscolla Sanz Vicente. 2003. *La Valencia musulmana*. Valencia: Carena Editors, 2003. ISBN: 978-84-8739-875-9.
- Cruilles Marqués de. 1876. *Guía urbana de Valencia antigua y moderna*. Tomo I. Valencia: Imprenta de José Rius, 1876.
- De Orellana Marcos Antonio. 1930. *Biografía pictórica valentina: o, Vida de los pintores, arquitectos, escultores y grabadores valencianos: Obra filológica*. Madrid: Edición de Xavier de Salas, 1930.
- Diez Romero Susana, Lopez Ballester Esmeralda. 2002. Restauración de las pinturas murales del abside de la Iglesia de San Nicolas de Bari y San Pedro Martir de Valencia. In *Actas del XIV Congreso de Conservacion y restauracion de Bienes Culturales*. Valladolid, 2002, pp. 801-824.
- Garín Ortiz de Taranco Felipe María. 1962. Una posible escuela hispanolevantina de crucerías anervadas. In *Homenaje al Profesor Cayetano Mergelina*. Murcia: Universidad de Murcia, 1962, pp. 431-439.
- Gaya Nuño Juan Antonio. 1981. *Vida de Aciselo Antonio Palomino: el historiador, el pintor: descripción y crítica de sus obras*. Córdoba: Diputación Provincial, 1981 [1956]. ISBN: 978-84-5004-289-4.
- González Tornel Pablo. 2008. La parroquia de Ntra. Sra. de la Misericordia de Campanar. Proceso constructivo y decorativo. *Ars Longa*, 17, 2008, pp. 39-51.
- Llaguno y Amirola Eugenio, Ceán Bermúdez Juan Agustín. 1829. *Noticias de los arquitectos y arquitectura de España desde su restauración*. Tomo IV. Madrid: Imprenta Real, 1829.
- Llombart, Constantí. 1887. *Valencia antigua y moderna: guía de forasteros, la más detallada y completa que se conoce*. Valencia: Librería de Pascual Aguilar, 1887.
- Llorens Montoro Juan Vicente. 1989. Fr. Juan Tomás de Rocaberti y Vicente Victoria mentores de los programas pintados por Antonio Palomino en Valencia. *Archivo de arte valenciano*, 70, 1989, pp. 51-60.
- Manaut Nogués José. 1920. La pintura religiosa en Valencia. Los frescos de las bóvedas de San Nicolás. Interesante restauración. Un retrato de Antonio Palomino. *Boletín de la Sociedad Española de Excursiones: Arte, Arqueología, Historia*, Vol. 30, 1-3, Año VII, 313, 1920, p. 230.
- Marco García Víctor. 2010. La pintura valenciana entre 1667 y 1768. Luces y sombras de la pintura valenciana del Barroco. In *La gloria del Barroco. Catálogo*. Valencia: Generalitat Valenciana, 2010, pp. 65-91.
- Moreno Ribelles Enrique, Roig Picazo Pilar, Carabal Montagud Ángela, López-Cano Ausejo Jacob. 2007. José Renau Montoro y la plaza de restaurador artístico-pictórico municipal (1926). *Arché*, 2, 2007, pp. 63-70.
- Palomino de Castro y Velasco, Aciselo Antonio. 1724. *Museo pictórico y escala óptica. Práctica de la Pintura*. Madrid: Viuda de Juan García Infaçon, 1724.
- Palomino de Castro y Velasco, Aciselo Antonio. 1796. *El Parnaso español pintoresco laureado. Con la vidas de los pintores, y estatuarios eminentes españoles*. Madrid: Imprenta de la Sancha, 1796.
- Pérez Sánchez Alfonso Emilio. 1992. *Pintura Barroca en España 1600-1750*. Madrid: Cátedra, 1992. ISBN 84-3760-994-1.
- Ruiz de Lihory Joseph, Baró d'Alcalhalí y de Mosquera. 1897. *Diccionario biográfico de artistas valencianos*. Valencia: Imprenta de Federico Doménech, 1897.
- Seguí Marco Juan José, Armengot Figueres Javier. 2009. La historia antigua de Valencia en la obra de Teixidor. *Saitabi: revista de la Facultat de Geografia i Història*, 59, 2009 (Ejemplar dedicado a: Homenatge al professor Dr. Pedro López Elum).
- Settler Joseph. 1866. *Guía del viajero en Valencia*. Valencia: Imprenta de Salvador Martínez, 1866 (edición bilingüe, en castellano y en francés).
- Teixidor Josep. 1895. *Antigüedades de Valencia: observaciones críticas donde con instrumentos auténticos se destruye lo fabuloso, dejando en su debida estabilidad lo bien fundado*. Tomo I. Valencia: Imprenta de Francisco Vives Mora, 1895.
- Torreño Calatayud Mariano. 2005. *Arquitectura y urbanismo en Valencia*. Valencia: Carena Editors, 2005. 179 p. ISBN: 978-84-9641-908-7.
- Vidal Franquet Jacobo. 2008. La Baixada de la Cinta, 500 anys. Algunes qüestions d'iconografia. *Recerca*, 12, 2008, pp. 11-64.
- Zaragoza Catalá Arturo. 2000. Arquitectura gótica valenciana. Siglos XIII-XIV. In *Monumentos de la Comunidad Valenciana. Catálogo de monumentos y conjuntos declarados e incoados*. Tomo I. Valencia: Conselleria de Cultura i Educació, 2000, pp. 1-285.

libri

books

Maurizio Unali

Atlante dell’Abitare Virtuale. Il Disegno della Città Virtuale, fra Ricerca e Didattica

Roma, Gangemi Editore, 2014

L’interessante ricerca di Maurizio Unali consente di fare una piacevole incursione nel campo del disegno della città virtuale, tematica sulla quale l’autore lavora da molti anni. Il progetto della multiplatforma Atlante dell’Abitare Virtuale, affrontato con estrema sensibilità e rigore metodologico, indaga le plurime e flessibili coniugazioni del disegno della città virtuale fra ricerca e didattica, riportando in maniera sistematica e ben strutturata una grande raccolta di idee illustrate con una molteplicità di esempi significativi. Città e costruzioni effimere in rete da abitare con la mente, creazione di uno spazio invisibile alla vista ma contemporaneamente esistente dove agire e liberare la fantasia, la ricerca di contesti paralleli ad una realtà che, forse, non è più sufficiente, in un momento storico nel quale si rileva la crisi dell’esperienza urbana. Lo studio si inserisce perfettamente nell’epoca in cui il sociologo Sygmunt Baumann sostiene che l’incertezza che attanaglia la società moderna deriva dalla trasformazione dei suoi protagonisti e dallo smantellamento delle sicurezze della *modernità liquida e solida*, una vita sempre più frenetica che porta alla *solitudine del cittadino globale*.

I laboratori interdisciplinari che collegano i differenti campi della ricerca tra arte, scienza e tecnologia sono i luoghi nei quali si sperimentano e verificano i sistemi e i metodi per le rappresentazioni dell’abitare virtuale contemporaneo.

Un paziente lavoro di selezione, sovrapposizione e incastro, attraverso un percorso stratificato di collegamenti mentali e un processo critico di valutazione, sostenuto anche da una forte

intuizione artistica per il controllo di una efficace rappresentazione.

Nel lavoro viene sottolineata la valenza dell’azione di collegamento culturale e scientifico del disegno che da secoli resta protagonista di tutti i processi in cui gli architetti sono coinvolti. La sua sorprendente flessibilità gli consente di arricchirsi continuamente di variazioni dovute ai cambiamenti delle dinamiche legate al tempo ed anche ai sistemi tecnologici che mutano e progrediscono. Le potenzialità offerte dal digitale costituiscono un ambito da indagare costantemente.

Emanuela Chiavoni



Maurizio Unali

Atlante dell’Abitare Virtuale. Il Disegno della Città Virtuale, fra Ricerca e Didattica

Roma, Gangemi Editore, 2014

The interesting study by Maurizio Unali is a pleasant opportunity to explore the design of the virtual city, a subject that has been dear to the author for several years. He tackles the design of the multi-platform Atlas of Virtual Dwelling with great sensitivity and methodological rigour.

He examines the multiple, flexible conjugations of the design of the virtual city, midway between research and didactics, and systematically reports in a well-structured manner on the many ideas presented thanks to numerous examples.

A network of ephemeral cities and buildings to be mentally lived in; creation of a space invisible to the eye, but nevertheless real, where it’s possible to act and free one’s imagination; a search for contexts parallel to reality which, perhaps, is no longer sufficient during an age when the urban experience is in crisis.

The study is contemporary to the period described by the sociologist Sygmunt Baumann who maintains that the uncertainty gripping modern society is caused by the transformation of its protagonists and by the dismantling of the safety nets in our liquid and solid modernity; a life that is always frenetic leads to the solitude of the global citizen.

The interdisciplinary laboratories linking the various research fields – art, science and technology – are the loci where he experiments and verifies the systems and methods used to represent contemporary virtual dwellings.

A patient effort involving selection, superimposition and ‘dovetailing’ using not only stratified mental connections, but also a critical assessment process backed by an intense artistic intuition regarding the control of a successful representation. The book emphasises the importance of the cultural and scientific aspects of drawings which for centuries have been the protagonists of all the processes involving architects. The author’s amazing flexibility allows him to continuously enrich his knowledge of variations caused by changes in the dynamics dictated by time and constantly mutating and evolving technological systems. The potential of the digital world is a subject that deserves endless study.

Emanuela Chiavoni

Pagina precedente. Maurizio Unali, Atlante dell'Abitare Virtuale, 2014.
Previous page. Maurizio Unali, Atlante dell'Abitare Virtuale, 2014.

Leonardo Paris

Dal problema inverso della prospettiva al raddrizzamento fotografico

Roma, Aracne Editore, 2014

Nel vasto panorama editoriale di testi sui fondamenti scientifici della rappresentazione, il tema del “Problema inverso della prospettiva” raramente è stato affrontato organicamente a partire dalla sua dimensione storica fino agli attuali sviluppi della fotogrammetria digitale. Quest’ultimo lavoro di Leonardo Paris sembra colmare questa lacuna ripercorrendo il processo che, dalla codificazione della prospettiva ha portato, alla fine Ottocento, alla nascita della fotogrammetria, al suo consolidamento nel secolo scorso e a suoi più attuali sviluppi digitali.

A questo specifico argomento l’autore aveva già dedicato un primo libro edito da Kappa nel 2000, che ho avuto il piacere di presentare cogliendo l’occasione di rimarcare allora, e ribadire oggi, il ruolo fondamentale dell’approccio storico nella ricostruzione dell’evoluzione del pensiero scientifico; nella convinzione che ritrovare le radici di una scienza consenta sempre una migliore comprensione dei temi attuali.

A fronte dello studio precedente in cui il rapporto tra il problema inverso della prospettiva e la fotogrammetria grafica, quella basata cioè sul raddrizzamento fotografico omologico e sulla equivalenza proiettiva tra prospettiva e fotografia, era stato affrontato nella sua veste analogica, pre-digitale; questo ultimo lavoro attualizza, nella sua nuova configurazione digitale, l’operazione del raddrizzamento fotografico, che costituisce oggi una delle applicazioni fotogrammetriche più ricorrenti dato l’enorme sviluppo che ha avuto in questi ultimi anni la fotografia digitale e la contemporanea grande diffusione di software dedicati all’argomento.

Il volume è suddiviso in due parti; la

prima ripropone, con significativi aggiornamenti sia nei contenuti che nell’apparato illustrativo, un accurato studio delle fonti storiche che delinea, a partire dal Rinascimento, l’evoluzione storica del “Problema inverso della prospettiva” lungo un arco di tempo particolarmente significativo della cultura prospettica. In questo excursus l’autore coglie i momenti più significativi di questo processo evolutivo soffermandosi su quei contributi più significativi, come quelli di Brook Taylor e J.H. Lambert, o di Poncelet e della nascita della geometria proiettiva, che hanno determinato il consolidamento della fotogrammetria analogica nell’Ottocento. In una logica diacronica, il quarto capitolo del libro propone una sintesi dei momenti salienti del passaggio della fotogrammetria dalla sua fase analitica della fine del secolo scorso alla completa conversione digitale di questi ultimi anni, puntualizzando, anche sul piano terminologico, gli aspetti teorico-applicativi che hanno portato alla “fotogrammetria digitale”, nella sua più attuale interpretazione.

La seconda parte del libro, curata da Wissam Wahbeh, giovane studioso formatosi sempre nell’ambito della scuola romana, è dedicata interamente alle applicazioni digitali del raddrizzamento fotografico. Senza voler essere un manuale operativo, questa parte del volume si struttura sulla base di esemplificazioni che vengono prese a pretesto per ribadire i principi di correlazione proiettiva che sono alla base di qualsiasi operazione di raddrizzamento e in cui la valenza metrica ne è il presupposto imprescindibile.

Senza perdere il fulcro del precedente lavoro, questo libro di Leonardo Paris si pone come un indispensabile strumento di conoscenza e divulgazione particolarmente rivolto alle nuove generazioni che sempre più spesso si fanno ingannare dagli automatismi propri delle applicazioni digitali senza più riconoscere quei principi proiettivi dai quali quelle stesse applicazioni derivano.

Laura De Carlo

Leonardo Paris

Dal problema inverso della prospettiva al raddrizzamento fotografico

Roma, Aracne Editore, 2014

Although a great many books have been published about the scientific basis of representation, the ‘inverse problem of perspective’ is seldom tackled organically from its history to current developments in digital photogrammetry. Leonardo Paris’ recent book rectifies this oversight; he reviews the whole process, from the codification of perspective to the birth of photogrammetry in the late nineteenth century, its consolidation in the twentieth century and current digital developments.

Paris has already tackled the topic in an earlier book published by Kappa in 2000 which I had the pleasure to present. I’d like to repeat what I remarked on at the time: the crucial role of a historical approach to the reconstruction and evolution of this science. I am convinced that reviewing the roots of a science always improves our understanding of current issues.

Paris’ previous study examined the relationship between the inverse problem of perspective and analogical, pre-digital graphic photogrammetry (i.e., based on homologous photographic rectification and on the projective equivalence between perspective and photography). In this book the author updates photographic rectification and its new digital configuration; given how quickly digital photography has evolved in recent years, and the enormous increase in software programmes dedicated to this subject, it is currently one of the most exploited photogrammetric applications.

The book is divided into two sections: the first proposes an

updated version of the contents and illustrations of the previous, meticulous study of historical sources which, starting in the Renaissance, have documented the evolution of the “inverse problem of perspective” over an extremely important period of time for the topic of perspective. The author highlights the most salient moments in this evolution, focusing on some of the more important contributions, for example by Brook Taylor and J.H. Lambert, or by Poncelet and the birth of projective geometry, since these contributions consolidated analogical photogrammetry in the nineteenth century.

In a diachronic logic, the fourth chapter presents a concise summary of the most important moments in the history of photogrammetry from its analytical stage at the end of the last century to its complete digitalisation in recent years. He also discusses, from a terminological point of view, the theoretical and applicative aspects leading to what we now call “digital photogrammetry”.

The second section of the book entirely dedicated to the digital applications of photographic rectification is curated by Wissam Wahbeh, a young scholar who studied and trained with the Roman school. Although it is not a manual, this part of the book is based on examples the author uses to reiterate the principles of projective correlation underlying any rectification operation in which metric values are an essential premise. Without changing the focus of his previous publication, Leonardo Paris has given us a book that is an indispensable cognitive and educational tool for the up-and-coming generations which are increasingly deceived by the automatisms of digital applications because they do not recognise the projective principles behind these applications.

Laura De Carlo

Franco Purini, Il muro rosso, 1994.
China e pennarelli su cartoncino Schoeller,
70 x 50 cm.

*Franco Purini, Il muro rosso, 1994. China ink
and felt pens on Schoeller board, 70 x 50 cm.*

Pier Federico Caliarì e Carola
Gentilini, a cura di

La serie e il paradigma. Franco Purini e l'arte del disegno presso i moderni

Firenze, Forma edizioni 2015

Il catalogo della mostra di Franco Purini, allestita a Milano e poi a Roma, è un'occasione per riflettere sulla sua opera e sulla sua complessa personalità che, com'è noto, è quella di un architetto progettista e al tempo stesso di un raffinatissimo disegnatore e di un grande teorico del Disegno.

In questa rivista abbiamo accolto più volte i suoi contributi; ricordo "Una parete per Disegnare", pubblicato su *Disegnare* n. 4 del 1992 e "È solo se stessa", pubblicato su *Disegnare* n. 30 del 2005. In questo secondo intervento egli afferma che «Queste tavole non hanno un rapporto diretto con la composizione architettonica ma la presuppongono e la anticipano, in qualche modo sono antipolari rispetto all'attività progettuale, proponendosi come un esercizio di impegno costruttivo diverso ma di pari intensità rispetto a quella. Esse mettono in tensione il progetto con un percorso formativo più libero e variato. Questi disegni vanno visti in modo autonomo rispetto all'architettura che pure contengono; l'eventuale valore che essi possiedono va trovato nella loro dimensione estetica, ove questa sia stata raggiunta».

Queste parole, dette con modestia, ci dicono ciò che molti di noi sanno: i disegni di Franco Purini non sono delle semplici rappresentazioni, ma hanno un loro valore estetico che supera ampiamente il tema della rappresentazione, in altre parole sono degli "oggetti" dotati di una loro notevolissima carica estetica. Tanto che se l'autore volesse metterli in commercio potrebbe venderli come disegni dotati di una loro importante qualità estetica, che

poi non è altro che un'intrinseca bellezza. E io per primo mi candirei all'acquisto.

La struttura del catalogo si articola in due parti. La prima è dedicata a "Disegni d'invenzione. Archivio dello studio Purini-Thermes. 1984-2014", con più di trenta disegni in bianco e nero. Sono stati scelti, come si afferma nel testo, solo disegni a forte valenza estetica, che non si correlano ai suoi progetti; e ciò si può facilmente constatare esaminandoli uno ad uno. Apre la serie un disegno dal titolo *Le condizioni dell'apprendimento*, che ha per me un notevole valore simbolico ed emozionale poiché quando pubblicai per la prima volta il *Manuale di Disegno architettonico* chiesi a Franco un suo disegno da mettere in copertina: egli mi propose due o tre dei suoi stupendi disegni e io scelsi proprio questo, che ha accompagnato molti studenti nel proprio percorso di conoscenza del Disegno. Tra i molti disegni esposti non posso non porre l'accento sulla bellezza di Ri-

Pier Federico Caliarì e Carola
Gentilini, edited by

La serie e il paradigma. Franco Purini e l'arte del disegno presso i moderni

Firenze, Forma edizioni 2015

The catalogue of the exhibition by Franco Purini held in Milan and Rome gives me an opportunity to reflect on his work and complex personality. As we all know, Purini is not only a designer-architect, but also an extremely talented draughtsman and expert theorist of drawing. We have published many of his contributions in this magazine, for example 'A wall to draw on' (Disegnare n. 4, 1992) or 'It is what it is' (Disegnare n. 30, 2005).

In the latter article Purini states: "These tables are not directly related to the architectural composition, but they presuppose and anticipate it. In some ways these visual tests are the opposite

*to design activities: they are an exercise in constructive commitment that is different yet just as powerful as the latter. They bring the design into contact with a freer and more varied creative process. These drawings should be considered independently from the architecture they portray; any value they may have lies in whatever aesthetics I manage to achieve". These very humble words say what many of us already know: Franco Purini's drawings are not simple representations. They have an aesthetic value that goes well beyond representation, in other words they are 'objects' with their own remarkable aesthetic tension. So much so that if Purini decided to put them on the market he could sell them as drawings imbued with their own important aesthetic quality, which is none other than their intrinsic beauty. And I for one would be the first to buy one. The catalogue is divided into two sections. The first is dedicated to 'Disegni d'invenzione. Archivio dello studio Purini-Thermes. 1984-2014' (Creative Drawings. Archives of the Purini-Thermes studio. 1984-2014) and contains more than thirty black and white drawings. The duo explains that they only chose profoundly aesthetic drawings not associated with their designs; looking at them one by one it's easy to see this very intense aesthetic tension. The series begins with a drawing entitled *Le condizioni dell'apprendimento* (Learning Conditions). The drawing has a considerable symbolic and emotional value for me personally because the first time I published *Manuale di Disegno architettonico* (A Handbook of Architectural Drawing) I asked Franco for a drawing for the front cover: he submitted two or three of his breathtaking drawings and this is the one I chose. Since then it has accompanied many students during their studies. Of all the many drawings on display I would be amiss if I didn't mention the beauty of Ricordando mio padre (Remembering my father),*



cordando mio padre, *La parete romana, Misure romane, Il potere dell'ombra e Il principio della costruzione.*

La seconda parte del catalogo porta il titolo "Disegni d'invenzione. Collezione privata. 1993-1995" con in chiusura "Disegni vari a colori", tredici opere di grande interesse.

Vorrei chiudere queste brevi note segnalando l'emozione che mi hanno suscitato alcuni disegni a colori che assumono il ruolo di vere opere d'arte, come ad esempio: *Il muro rosso, Uno dei muri e Il pianeta architettonico.* Ritengo che la rivista *Disegnare* dovrà dedicare un numero a questi disegni, in cui il colore rafforza e si integra con il disegno stesso per far assumere a queste opere di Franco il ruolo di vere e proprie opere d'arte.

Mario Docci

Franca Toraldo, Maria Teresa Ranalli, Roberto Dante, a cura di

L'Architettura sulla carta. Archivi di Architettura in Abruzzo

Casa Editrice Tinari, Villamagna (Ch) 2013

Sotto il patrocinio del Ministero dei Beni e delle Attività Culturali e del Turismo, d'intesa con la Direzione Generale per gli Archivi, è stata di recente pubblicata dalla Soprintendenza Archivistica per l'Abruzzo, una guida agli archivi di architettura abruzzesi dal titolo *L'Architettura sulla carta. Archivi di Architettura in Abruzzo*; il volume accompagna l'omonima mostra documentaria itinerante a cura di Franca Toraldo, Maria Teresa Ranalli, Roberto Dante, allestita dal 23 settembre al 11 gennaio 2015 presso il Polo Museale Santo Spirito di Chieti. Il volume costituisce l'esito di un lavoro congiunto tra le diverse istituzioni componenti il comitato scientifico nelle persone di Maria Teresa Spinuzzi (Soprintendenza Archivistica

per l'Abruzzo), Elisabetta Reale (Direzione Generale per gli Archivi), Angela Marino (Dipartimento di Architettura e Urbanistica, Università degli Studi L'Aquila), Carlo Pozzi e Pasquale Tunzi (Dipartimento di Architettura, Università degli Studi "Gabriele d'Annunzio" di Chieti-Pescara), Antonello Alici (Presidente di AAAItalia Associazione Nazionale degli Archivi di Architettura Contemporanea). Esito di una attività di censimento svolta nell'arco di un decennio, la ricerca si inserisce nell'ambito del progetto pilota "Piano nazionale per gli archivi dell'architettura del Novecento", promosso dal Ministero per i Beni e le Attività Culturali e finalizzato al censimento della presenza diffusa sul territorio di "giacimenti" documentali iconografici e testuali di inestimabile valore.

Pubblicato dalla Editrice Tinari, il volume è composto di oltre 150 pagine e presenta una legatura con coperta rigida e carta patinata in formato 30x30 cm, adatta alla fruizione dei documenti originali riprodotti nelle schede che lo compongono: schizzi di studio, progetti esecutivi, modelli e foto di cantiere ma anche documenti contabili.

Ventiquattro sono gli archivi rilevati e dichiarati di notevole interesse storico, che raccolgono la testimonianza dell'opera di ingegneri, architetti, accademici e professionisti, operanti sul territorio abruzzese dalla metà dell'Ottocento alla fine del Novecento.

Si tratta dunque dei primi esiti di una iniziativa aperta e ancora in corso, indispensabile per la ricostruzione di brani di memoria del nostro patrimonio culturale. In tale direzione questo volume offre l'occasione di avere un quadro generale della produzione progettuale dei professionisti operanti in Abruzzo dalla metà dell'Ottocento rivelando alcuni dei caratteri identitari del popolo abruzzese che, tra tradizione e modernità, attraverso il disegno, dimostra una feconda attività creativa nel rispetto dell'ambiente e delle città.

Antonella Salucci

La parete romana (*The Roman Wall*), *Misure romane (Roman Measurements)*, *Il potere dell'ombra (The Power of Shadows)* and *Il principio della costruzione (The principle of construction).*

The second part of the catalogue is entitled 'Disegni d'invenzione. Collezione privata. 1993-1995' (Creative Drawings. Private Collection. 1993-1995). At the end of the section there are thirteen extremely interesting works entitled 'Disegni vari a colori' (A selection of colour drawings). I'd like to close my short review by expressing how much I was moved by some of these drawings which are actually real works of art. For example, Il muro rosso (The Red Wall), Uno dei muri (One of the Walls) and Il pianeta architettonico (The Architectural Planet). I think that the magazine Disegnare will have to dedicate a whole issue to these drawings in which colour strengthens and merges with the drawing itself, turning Franco's drawings into real works of art.

Mario Docci

Franca Toraldo, Maria Teresa Ranalli, Roberto Dante, edited by

L'Architettura sulla carta. Archivi di Architettura in Abruzzo

Casa Editrice Tinari, Villamagna (Ch) 2013

A guide to the architectural archives in the Abruzzi entitled Architecture on Paper. Architectural Archives in the Abruzzi, was recently published under the patronage of the Ministry of Cultural Heritage, Activities and Tourism, and together with the Directorate General for Archives. It was published to accompany the itinerant documentary exhibition curated by Franca Toraldo, Maria Teresa Ranalli and Roberto Dante held from 23 September to 11 January 2015 at the Santo Spirito Museum Centre in Chieti.

The book illustrates the joint effort by several institutions represented in the scientific committee by Maria Teresa Spinuzzi (Superintendency of Archives for the Abruzzi), Elisabetta Reale (Directorate General for Archives), Angela Marino (Dept. of Architecture and Urban Planning, University of L'Aquila), Carlo Pozzi and Pasquale Tunzi (Dept. of Architecture, University of Chieti-Pescara 'Gabriele d'Annunzio') and Antonello Alici (President of AAAItalia National Association of the Archives of Contemporary Architecture). The book, illustrating the results of a ten-year census, was part of a pilot project entitled 'National Plan for twentieth-century architectural archives', sponsored by the Ministry of Cultural Heritage and Activities. The aim of the research was to census priceless iconographic and textual 'deposits' located all over the Abruzzi.

Published by Editrice Tinari, the hardback, glossy paper guide has more than one hundred and fifty 30x30 cm pages, making it easy to consult and enjoy the original documents reproduced in its technical sheets: studio sketches, final projects, models, worksite photos as well as accounting records.

Twenty-four archives were surveyed and declared to be of great historical interest; they testify to the work of engineers, architects, academics and professionals working in the Abruzzi from the mid-nineteenth century to the end of the twentieth century

The published documents represent the initial results of an ongoing initiative to trace and rebuild the memory of Italy's cultural heritage. The book provides readers with an overview of the designs of professionals working in the Abruzzi from the mid-nineteenth century onwards; it reveals some of the traits and characteristics of the inhabitants of the Abruzzi and shows how, suspended between tradition and modernity, these designs portray their fertile, creative activities respectful of the environment and the city.

Antonella Salucci

La rivista è inclusa nella lista dei prodotti e servizi Thomson Reuter dove è indicizzata nell'Art and 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 Thomson Reuter products and services; it is indexed in the Art and 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 magazine.

Gli autori di questo numero
Authors published in this issue

Fabrizio Ivan Apollonio
*Dipartimento di Architettura
Alma Mater Studiorum Università di Bologna
via Risorgimento, 2
40136 Bologna, Italia
fabrizio.apollonio@unibo.it*

Lucía Bosch Roig
*Instituto Universitario de Restauración del Patrimonio
Universitat Politècnica de València
Camino de Vera, s/n
46022 Valencia, Spagna
lubosroi@upvnet.upv.es*

Luca Cipriani
*Dipartimento di Architettura
Alma Mater Studiorum Università di Bologna
via Cavalcavia, 61
47521 Cesena, Italia
luca.cipriani@unibo.it*

Paolo Clini
*Dipartimento di Ingegneria Civile, Edile, Architettura
Università Politecnica delle Marche, Ancona
via Breccia Bianche, 12
60131 Ancona, Italia
p.clini@uniupm.it*

Tommaso Empler
*Dipartimento di Storia, Disegno e Restauro
dell'Architettura
Sapienza, Università di Roma
piazza Borghese, 9
00186 Roma, Italia
tommaso.empler@uniroma1.it*

Filippo Fantini
*Dipartimento di Architettura
Alma Mater Studiorum Università di Bologna
via Cavalcavia, 61
47521 Cesena, Italia
filippo.fantini2@unibo.it*

Marco Gaiani
*Dipartimento di Architettura
Alma Mater Studiorum Università di Bologna
via Risorgimento, 2
40136 Bologna, Italia
marco.gaiani@unibo.it*

José Antonio Madrid García
*Departamento de Conservación y Restauración
de Bienes Culturales, Instituto Universitario
de Restauración del Patrimonio
Universitat Politècnica de València
Camino de Vera, s/n
46022 Valencia, Spagna
jmadrid@crbc.upv.es*

Valeria Marcenac
*Instituto Universitario de Restauración
del Patrimonio
Universitat Politècnica de València
Camino de Vera, s/n
46022 Valencia, Spagna
marceval@pra.upv.es*

Marco Muscogiuri
*Dipartimento di Architettura, Ingegneria
delle Costruzioni e dell'Ambiente Costruito
Politecnico di Milano
via Ponzio 31, I
20133 Milano, Italia
marco.muscogiuri@polimi.it*

Dario Passi
*www.dariopassi.com
dariopassi@gmail.com*

Annalisa Perissa Torrini
*Gabinetto dei Disegni e Stampe delle Gallerie
dell'Accademia di Venezia
Campo della Carità, Dorsoduro 1050
30100 Venezia, Italia
annalisa.perissa@beniculturali.it*

José Luis Regidor Ros
*Departamento de Conservación y Restauración
de Bienes Culturales
Instituto Universitario
de Restauración del Patrimonio
Universitat Politècnica de València
Camino de Vera, s/n
46022 Valencia, Spagna
jregidor@crbc.upv.es*

Luca Ribichini
*Dipartimento di Storia, Disegno e Restauro
dell'Architettura
Sapienza, Università di Roma
piazza Borghese, 9
00186 Roma, Italia
luca.ribichini@uniroma1.it*

Pilar Roig Picazo
*Departamento de Conservación y Restauración
de Bienes Culturales
Instituto Universitario
de Restauración del Patrimonio
Universitat Politècnica de València
Camino de Vera, s/n
46022 Valencia, Spagna
proig@crbc.upv.es*

Antonino Saggio
*Dipartimento di Architettura e Progetto
Sapienza, Università di Roma
via Flaminia, 359
00196 Roma, Italia
antonino.saggio@uniroma1.it*

Dario Passi
Disegnare dipingendo e dipingere disegnando:
due scritti
*To draw while painting and to paint while
drawing: two articles*

Luca Ribichini
Sant'Ivo alla Sapienza tra Fede e Ragione
Sant'Ivo alla Sapienza: Faith and Reason

Antonino Saggio
Perché rappresentare l'invisibile? *Information
Technology*, spazio dell'informazione e nuove
sfide per il progetto e la rappresentazione
*Why represent the invisible? Information
Technology, information space and new
challenges for design and representation*

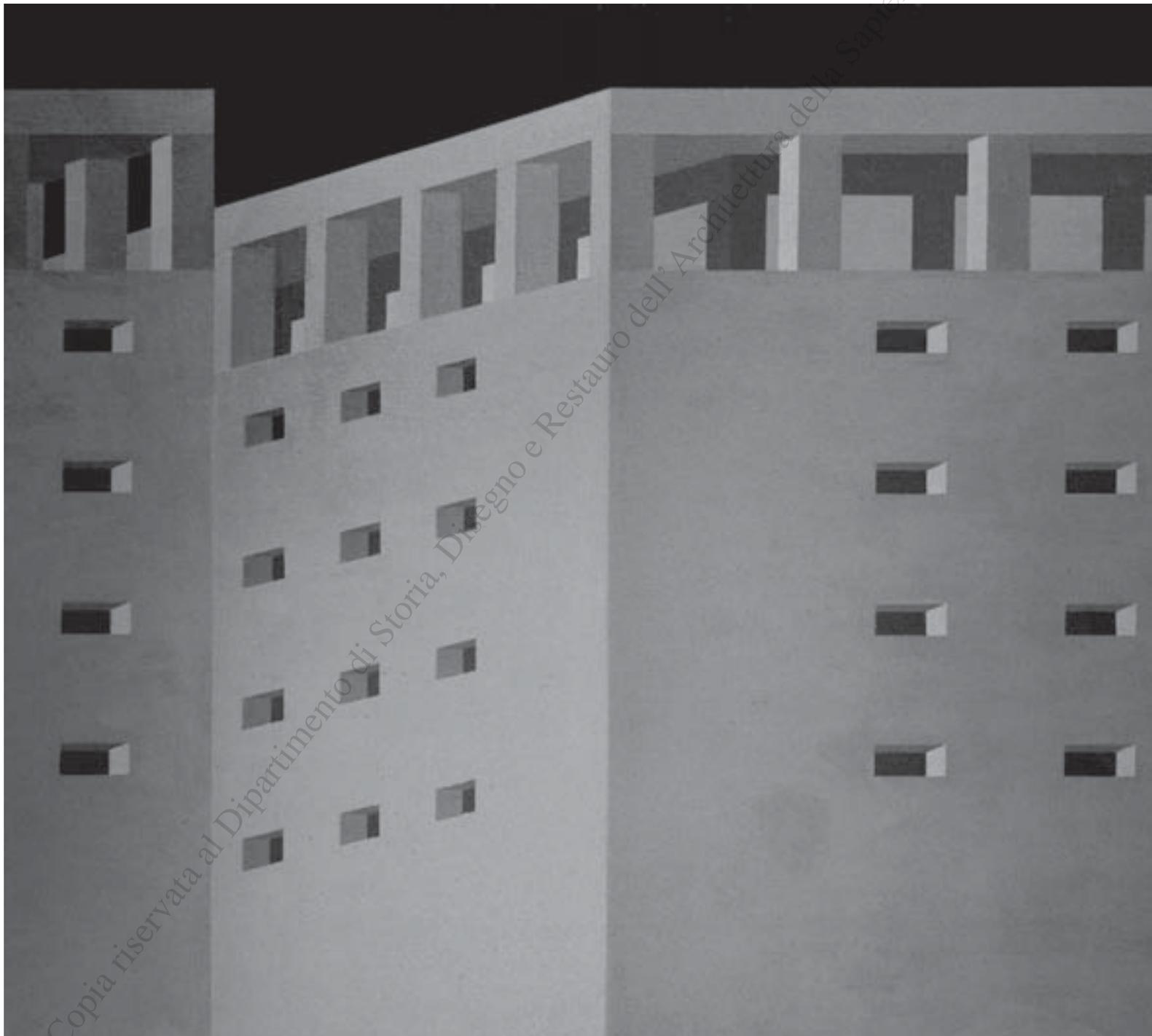
Marco Muscogiuri
Disegno e progetto nell'opera di
Kengo Kuma
*Drawing and design in works by
Kengo Kuma*

*Fabrizio Ivan Apollonio, Paolo Clini,
Marco Gaiani, Annalisa Perissa Torrini*
La terza dimensione dell'Uomo vitruviano
di Leonardo
The third dimension of Leonardo's Vitruvian Man

Tommaso Empler
APP design con uso della realtà aumentata
per la divulgazione dei Beni Culturali
*APP design using augmented reality
to disseminate Cultural Heritage*

Luca Cipriani, Filippo Fantini
Modelli digitali da *Structure from Motion*
per la costruzione di un sistema conoscitivo
dei portici di Bologna
*Structure from Motion digital models to develop
a cognitive system of the porticoes in Bologna*

*Pilar Roig Picazo, José Luis Regidor Ros,
José Antonio Madrid García, Lucía Bosch Roig,
Valeria Marcenac*
La chiesa di san Nicolás Obispo y san Pedro
Mártir a Valencia: studi preliminari e primi
esiti per il restauro dell'apparato decorativo
*The Church of San Nicolás Obispo y san Pedro
Mártir in Valencia: preliminary studies
and initial results of the restoration of the
decorations*



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