

n. 26

disegnare

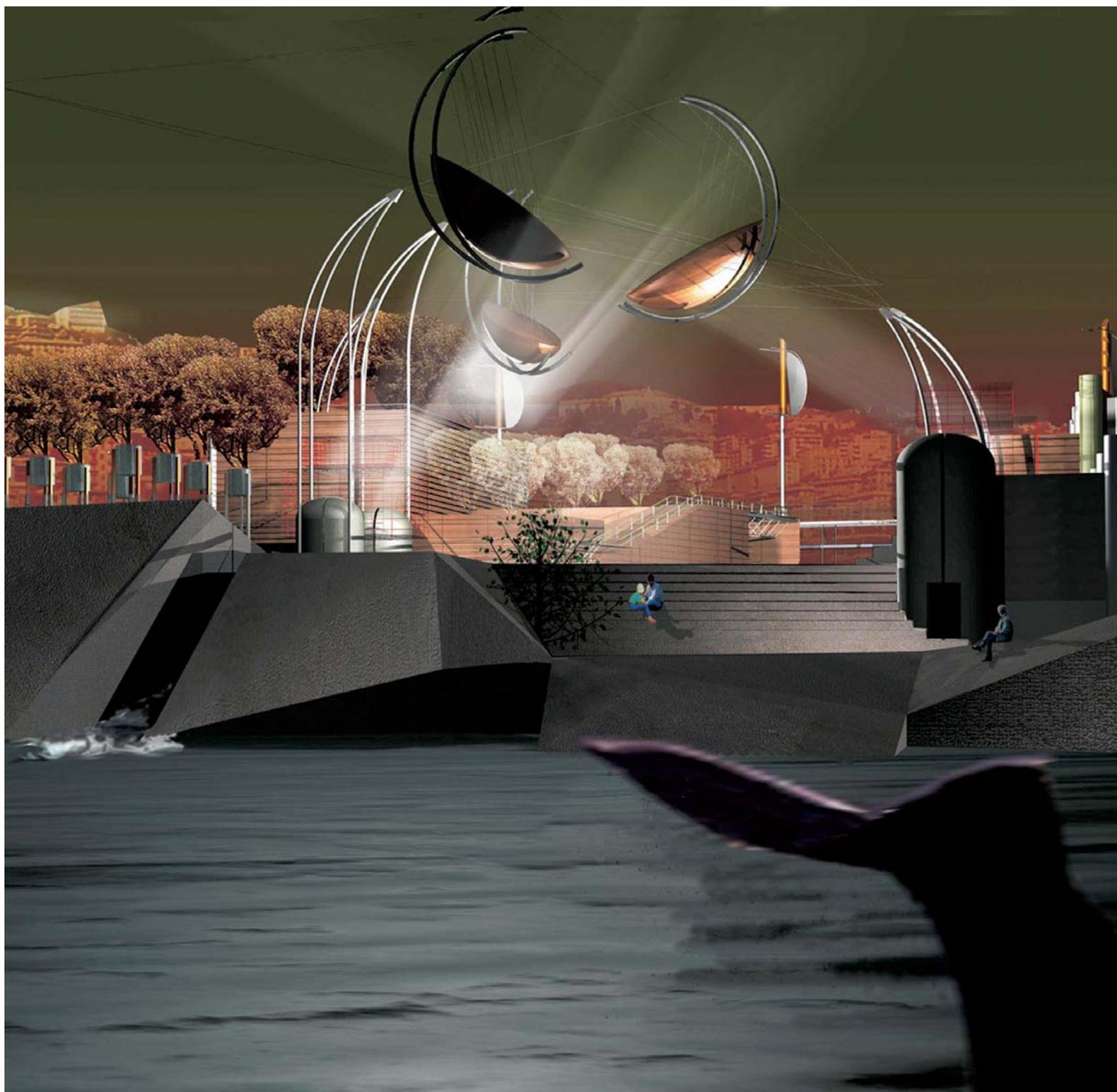
idee immagini
ideas images

Rivista semestrale del Dipartimento RADAAR
*Biannual Magazine of the Survey, Analysis
and Drawing Department of the Environment
and Architecture*

Università degli Studi di Roma «La Sapienza»
Rome University "La Sapienza"

Anno XIV, n. 26/2003
Italia €7,75 - USA and Canada \$ 16,00

Full english text



Rivista semestrale del Dipartimento di Rilievo, analisi e disegno dell'ambiente e dell'architettura
Università degli Studi «La Sapienza» di Roma
Biannual magazine of Rome University
"La Sapienza"

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



Proprietà letteraria riservata
GANGEMI EDITORE
Piazza San Pantaleo 4, 00186 Roma
Tel. 0039 6 6872774 Fax 0039 6 68806189
E-mail gangemi@jnet.it
Catalogo on line www.gangemieditore.it

Un numero € 7,75 estero € 15,50
Arretrati € 15,50 estero € 23,25
Abbonamento annuo € 15,50 estero € 31,00
One issue € 7,75 Overseas € 15,50
Back issues € 15,50 Overseas € 23,25
Annual Subscription € 15,50 Overseas € 31,00

Abbonamenti/Annual Subscription
Versamento sul c/c postale 343509
intestato a: Licosa Spa – Via Duca di Calabria 1/1
50125 Firenze
Payable to: Licosa Spa – Via Duca di Calabria 1/1
50125 Firenze
post office account n. 343509

Distribuzione/Distribution
Librerie in Italia/Bookstores in Italy
Joo distribuzione – Via F. Argelati, 35
20134 Milano
Librerie all'estero/Bookstores overseas
Licosa Spa Via Duca di Calabria 1/1
50125 Firenze
Edicole in Italia/Newsstands in Italy
C.D.M. – Viale Don Pasquino Borghi, 174
00144 Roma

ISBN 88-492-0522-8
ISSN IT 1123-9247

Stampa/Printers: Grafiche Chicca – Roma

Direttore responsabile/Editor-in-Chief
Mario Docci

Comitato Scientifico/Scientific Committee
Gianni Carbonara, Maurice Carbonnell,
Secondino Coppo, Cesare Cundari,
Gaspere de Fiore (coordinatore), Mario Docci,
Mario Fondelli, Diego Maestri,
Emma Mandelli, Carlo Mezzetti,
Riccardo Migliari, Franco Mirri,
Achille Pascucci, Alberto Pratelli,
Ciro Robotti, Giorgio Testa

Comitato di Redazione/Editorial Staff
Piero Albinetti (coordinatore),
Cristiana Bedoni, Marco Carpiceci,
Emanuela Chiavoni, Luigi Corvaja,
Laura De Carlo, Tiziana Fiorucci (segreteria),
Antonino Gurgone, Paola Quattrini,
Alessandro Sartor

Coordinamento editoriale
Editorial coordination
Tiziana Fiorucci

Progetto grafico/Graphic design
Gino Anselmi

Traduzioni/Translation
Erika G. Young

Segreteria/Secretarial services
Marina Finocchi Vitale

Redazione/Editorial office
Piazza Borghese, 9
00186 Roma
tel. +39/0649918849
fax +39/0649918884

In copertina/Cover:
Massimo Pica Ciamarra, Genova,
Ponte Parodi, simulazione virtuale.
Massimo Pica Ciamarra, Genoa,
Ponte Parodi, virtual rendering.

Ha collaborato a questo numero/Collaborator for this issue:
Maria Di Giovenale (segretario amministrativo
Dipartimento di Rilievo, analisi e disegno dell'ambiente
e dell'architettura)

Anno XIV, n. 26, Luglio 2003

- 3 Mario Docci
Editoriale/Editorial
- 5 Massimo Pica Ciamarra
Ragioni simultanee
Simultaneous Reasons
- 8 Eser Durukal, Mustafa Erdik
**Proteggere Hagia Sophia dai terremoti:
una sfida per l'ingegneria e la conservazione**
*Earthquake protection of Hagia Sophia:
a challenge for engineering
and conservation*
- 20 Carlo Bianchini, Priscilla Paolini
**Rilievo per il restauro e la messa in
sicurezza di Hagia Sophia a Istanbul:
prime sperimentazioni**
*The survey for the restoration and the
earthquake protection of Hagia Sophia
in Istanbul: initial experimentation*
- 32 Mario Docci
Hagia Sophia.
Analisi del rilevamento interno
*Analysis of the survey of the interior
of Hagia Sophia*
- 46 Pio Baldi, Margherita Guccione,
Eriilde Terenzoni
**Archivi per l'architettura moderna
e contemporanea**
*Archives for modern and contemporary
architecture*
- 62 Michela Rossi
**Le vie d'acqua tra rilievo e disegno:
l'assetto idraulico e le geometrie
del paesaggio parmense**
*Waterways in surveys and drawings:
water management and the geometric
patterns of the landscape around Parma*
- 72 Franco Cervellini
«Niente di default»
**Alcune indagini sperimentali
intorno alla forma architettonica**
*"No default". On certain experimental
studies on architectural form*
- 84 Ghisi Grütter
Il disegno del manifesto
Poster design
- 94 **Attualità/Events**
- 96 **Libri/Books**

Foto, disegni e pagine del taccuino di Aldo Rossi
Photos, drawings and excerpts from Aldo Rossi's notebook



Editoriale

I grandi monumenti esercitano un fascino dal quale è difficile sottrarsi, tale fascino è ancora più forte quando si riesce a instaurare un dialogo con il monumento e a entrare in sintonia con esso. Dopo aver avuto la fortuna di rilevare il Colosseo e, sia pure parzialmente, il Pantheon, non potevamo farci sfuggire l'occasione di rilevare l'interno della grande cupola di Hagia Sophia a Costantinopoli, occasione che ci è stata offerta dal programma *Unimed Cultural Heritage 2*, finanziato dalla Comunità europea.

Hagia Sophia è uno straordinario monumento della metà del VI secolo, voluto dall'imperatore Giustiniano e progettato dai suoi architetti Antemio di Tralle e Isidoro di Mileto il vecchio, che testimonia il permanere e l'evolversi della cultura romana nel mondo orientale e stabilisce perciò una linea di continuità culturale con i monumenti della nostra città da noi analizzati in passato. Purtroppo, la magica spazialità interna di Hagia Sophia è messa in discussione dal suo precario stato di equilibrio, che potrebbe essere nuovamente, e forse definitivamente, compromesso da un nuovo, nonché previsto, evento sistemico nella città di Istanbul. Così, dopo aver incontrato i nostri partner turchi dell'Università del Bosforo e aver collaborato con loro per approfondire, sia pure nel breve tempo a nostra disposizione, la conoscenza del monumento, abbiamo potuto avviare il rilievo della cupola applicando le tecnologie laser scanner 3D, da noi già sperimentate. Una scelta che si è rivelata, già dopo le prime elaborazioni dei dati rilevati, particolarmente felice perché ci ha fornito una serie di informazioni estremamente utili ai fini di una descrizione esatta sia della geometria attuale del monumento sia, soprattutto, delle deformazioni in essere nella cupola e nelle strutture portanti verticali.

Poiché siamo convinti dell'importanza di ogni azione volta alla conservazione del nostro patrimonio storico, e della necessità di far precedere qualsiasi intervento in questo senso da una approfondita conoscenza dello stato attuale dei monumenti e dei pericoli che corrono, abbiamo deciso di dedicare tre articoli di questo numero ad Hagia Sophia. Il primo, dei colleghi Duralak ed Erdik, che da alcuni anni stanno studiando il monumento dal punto di vista della sua sicurezza sismica, fa il punto sulle conoscenze fino a oggi acquisite sulla sua risposta ai terremoti. Il secondo, di Bianchini e Paolini, relaziona sulla intesa campagna di rilevamenti volti a conoscere lo stato e la geometria delle superfici interne dello spazio centrale del monumento e mette in evidenza come i primi risultati, parziali ma sicuramente significativi, facciano già intravedere le nuove e decisive informazioni sul suo stato che sarebbero offerte da un rilevamento sistematico con il laser. L'ultimo articolo, a mio nome, analizza, attraverso alcune elaborazioni informatiche delle nuvole di punti rilevati, la forma della cupola, le sue deformazioni e quelle indotte dalla sua spinta sui quattro pilastri principali di sostegno; altre informazioni preziose derivano dall'elaborazione dell'andamento spaziale della parete nord, che delimita il vano centrale, nella quale si evidenziano deformazioni notevoli in sommità verso l'esterno. Ebbene, come potrà constatare il lettore, queste elaborazioni in alcuni casi confermano elementi già noti, mentre in altri evidenziano situazioni del tutto nuove e degne di attenzione.

Speriamo che questo lavoro apra la strada a una più proficua collaborazione internazionale, affinché si possano trovare le risorse economiche per effettuare uno studio sistematico di Hagia Sophia e, in tal modo, giungere a quella conoscenza profonda dell'opera che sola consente di guidare interventi di restauro conservativo. L'esperienza degli studi del Colosseo e del Pantheon ci fa dire che occorre uno sforzo internazionale, sia dal punto di vista economico che da quello delle competenze, per arrivare a un progetto che garantisca la tutela di uno tra i più straordinari monumenti dell'umanità: la sua sopravvivenza nei prossimi secoli è un dovere morale nei confronti dei nostri figli. Ciò che ci ha spinto a operare in questa direzione, oltre a un intento scientifico, è la consapevolezza che il nostro paese, per l'esperienza raggiunta nel campo della conservazione, potrebbe assumere un ruolo di guida a livello internazionale e, insieme alla Turchia, avviare a soluzione le vicende di questa grande opera.

Editorial

It's difficult not to become spellbound by great monuments. It becomes even more difficult when you manage to establish a relationship with it and feel one with the monument. After having been lucky enough to survey the Colosseum and the Pantheon, albeit partially, we couldn't pass by the opportunity of surveying the inside of the great dome of Hagia Sophia in Constantinople, an opportunity offered to us by the Unimed Cultural Heritage 2 programme financed by the European Community.

Hagia Sophia, as well as expected, earthquake in the city of Istanbul.

After having met with our Turkish colleagues from Bogaziçi University and worked with them to improve our knowledge of the monument during the short time available, we were able to survey the dome using the 3D laser scanner technology we had already tested elsewhere.

After processing the surveyed data, we immediately realised we had made the right choice because the survey provided information that was extremely useful in drafting an exact description of the monument's existing geometry and, above all, the deformations in the dome and the vertical load-bearing structures.

We are firmly convinced of the importance of any effort to preserve our historical heritage and the need for a profound understanding and knowledge of any monument's current status and the risks it runs before any action can be taken. Therefore, we decided to dedicate three articles of this edition of our magazine to Hagia Sophia. The first article was written by our colleagues Durukal and Erdik who have been studying what sort of earthquake protection is currently afforded to the monument. The article focuses on the information available regarding the effects of seismic events on Justinian's monument. The second article written by Bianchini and Paolini illustrates the intense survey campaign carried out on the state and geometry of the internal surfaces of the monument's central area. It highlights how these first, albeit partial, but certainly important results could lead to new and decisive information on the current state of the monument if a complete laser survey were to be carried out. I have written the last article which studies the shape of the dome, its deformations and the deformations caused by the thrust of its four supporting piers. I based my analysis on a computer analysis of the surveyed points cloud. Additional information has been obtained by elaborating the spatial trend of the north wall of the central area where significant deformations are externally visible at the top. The reader will be able to see how, in some cases, these analyses confirm facts that are already well known to us, while others highlight new situations which are particularly noteworthy.

We hope that our project will pave the way for more valuable international collaborations so that resources can be found to finance a more systematic study of Hagia Sophia. This would lead to a profound understanding and knowledge of the building which is the basis for a well-designed restoration project for the protection and preservation of Hagia Sophia. Our experience during the surveys of the Colosseum and the Pantheon have taught us that an international effort, both in terms of financial and human resources, is the only way to draft a project which will guarantee the protection of one of the most extraordinary monuments of humanity: its survival for many centuries to come is a moral duty we have towards our children.

What drove us towards this goal, apart from our scientific aims, was the knowledge that Italy's experience in the field of conservation could play a leading international role and, together with Turkey, finally put an end to the troubles of this great monument.

Mario Docci

disegno/drawings

Massimo Pica Ciamarra
Ragioni simultanee

Progetti poco noti: disegni che non esaltano linguaggi ma il ragionamento che li sostiene, privilegiano l'armatura della forma.

La proposta per la *Casa d'Europa* è dei giorni della caduta del muro di Berlino. Sulle tracce del simbolo della separazione fra due mondi, un percorso struttura sequenze di luoghi: qui – punto d'incontro fra storie, civiltà e volontà diverse – si intrecciano religiosità, politica e creatività.

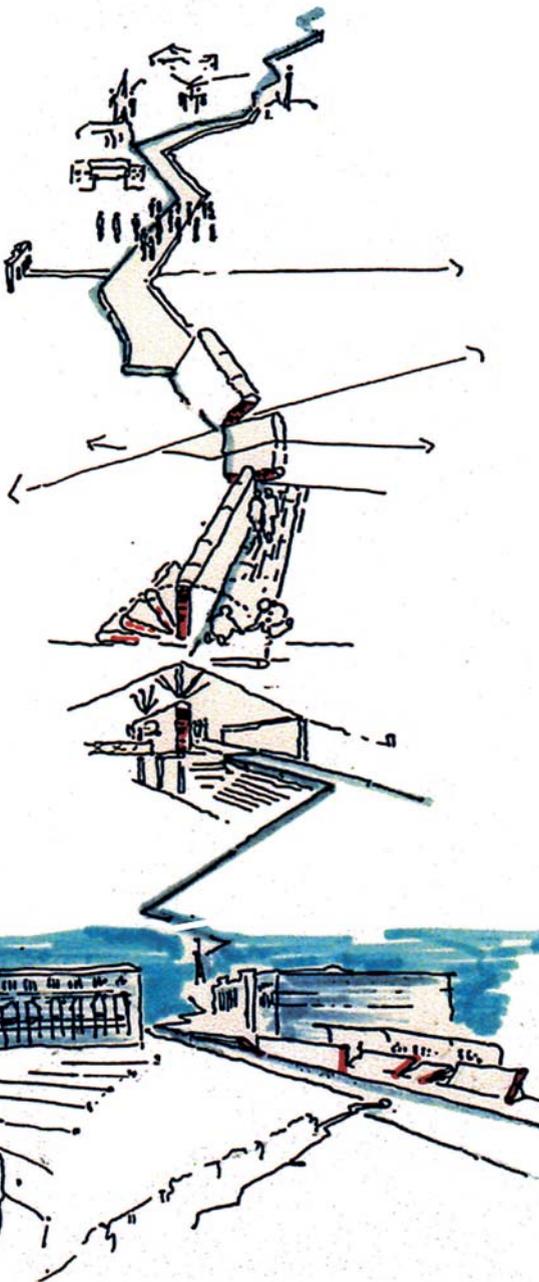
In un centro dell'alto Lazio, un «luogo per navigare con la mente», aperto sul paesaggio, con un gioco d'acqua / intorno sonoro ed una sottile fessura che il raggio di sole attraversa a mezzogiorno.

Infine uno schizzo teso a corrodere forme esatte (Venezia – piazzale Roma) e una simulazione virtuale che attua lo stesso principio (Genova – ponte Parodi).

Disegnare, costruire il progetto assorbe tempi più lunghi della realizzazione dell'opera: valuta alternative, sviluppa processi dialettici fra definizioni mentali e rappresentazioni di ciò che si tende a realizzare. Interagiscono schizzi, scritte, modelli, fotomontaggi, elaborazioni computerizzate. Sostanziale leggere, strutturare cosa è significativo del contesto da trasformare, rappresentarlo, esplorarne possibilità di modificazione, stabilire relazioni, sviluppare dialoghi. L'approccio analitico esasperato però paralizza, conduce a dissociazioni; invece il processo creativo è sintetico, lavora per associazioni veloci, simultaneità.

La costruzione del progetto – trasformare ectoplasmi in forme compiute – intreccia differenti modi espressivi tesi ad alimentare il ragionamento progettuale; interagire in *partnership*; discutere con committenti o giurie; ottenere autorizzazioni; definire contenuti

contrattuali; trasferire informazioni a chi realizza. In fase di concezione del progetto i segni alludono a forme, ma soprattutto fissano pensieri. L'avventura delle idee si sviluppa intersecando grafi e scritte: di qui l'armatura formale, quanto può scaturire da ragionamenti ed essere condiviso, sostanziale premessa del realizzare. In questo senso priorità a principi topologici, logiche di immersione nel contesto, istanza paesaggistica.



Simultaneous Reasons

Little known projects: drawings that don't underscore style, but the underlying concept, emphasising the armour of form.

The fall of the Berlin wall was the backdrop for the proposal of the House of Europe. Loosely inspired by the symbol of the separation of two worlds, it is a pathway-structure of sequential places: a place where history, civilisation and different resolves come together, an intricate merger of religion, politics and creativity.

In a town in the Upper Lazio region, a "place to sail with the mind," facing the landscape, with a fountain/surrounding sounds and a thin slit pierced by the rays of the midday sun.

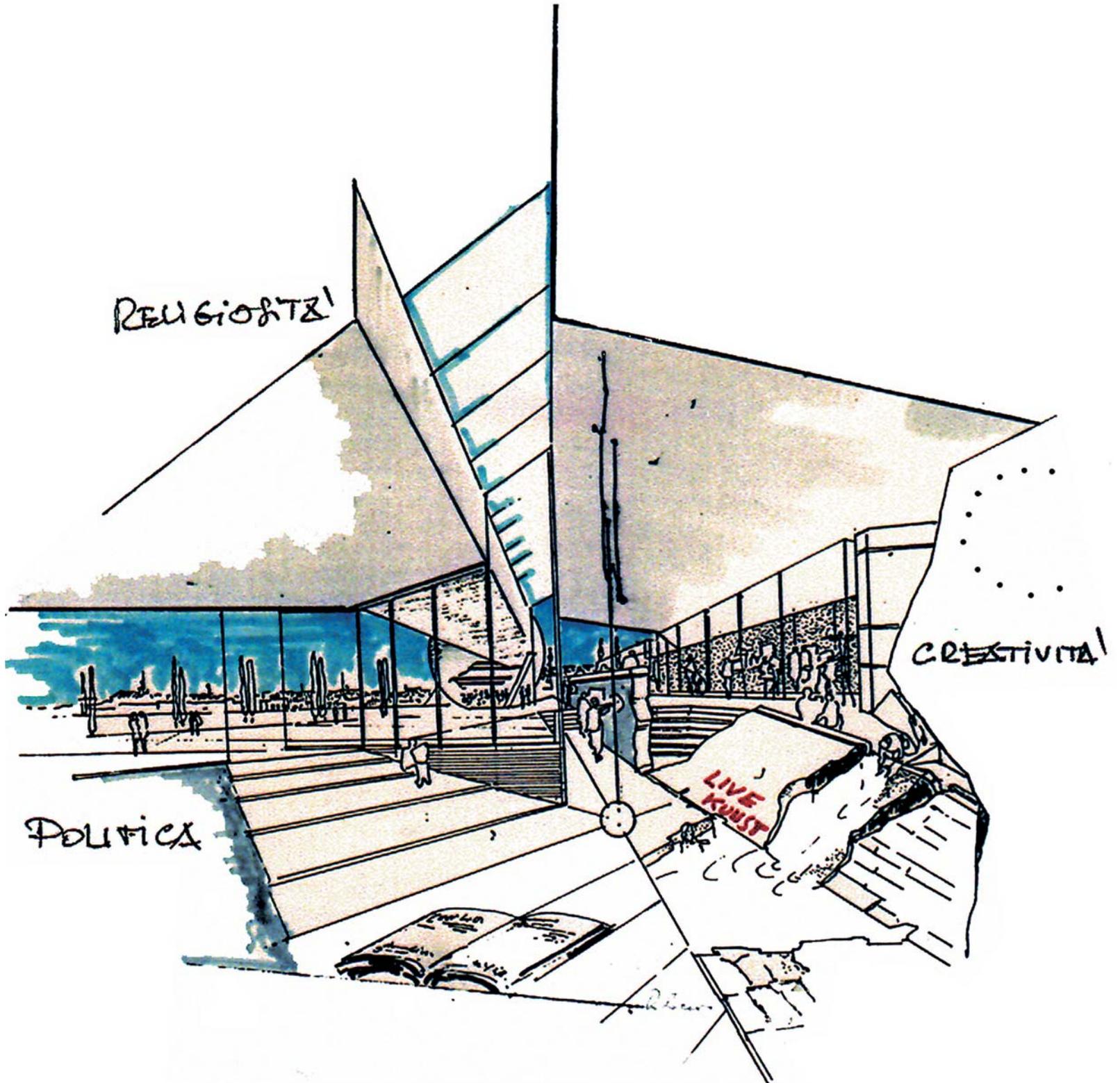
Lastly, a sketch aimed at eating into exact forms (Piazzale Roma, Venice) and a virtual simulation of the same principle (Porta Parodi, Genoa).

To draw or design a project takes longer than the actual construction: alternate solutions are assessed and dialogue occurs between mental concepts and the representation of what is to be built. Sketches, words, models, photomontages and computerised models all interact. It is important to interpret and structure the key elements of the context to be changed, to represent it, to explore possible modifications, to establish relationships and to develop dialogue. An exasperated analytical approach leads to paralysis and disassociation; on the contrary, the creative process is concise and functions through rapid association and simultaneity.

The elaboration of a project – to transform ectoplasms into defined forms – involves different modes of expression aimed at nourishing the design idea; partnership interaction, talking with the clients or judges, obtaining authorisations, defining contract clauses and transmitting information to the constructors. During the project's conceptual phase, the drawings refer to shapes, but first and foremost they "freeze" ideas. The adventure in this domain develops when graphic signs and words interconnect: this is its formal armour, the result of thought and reasoning and something that can be shared, a substantial premise to be achieved. From this point of view, topological principles, the logic of contextual immersion and landscape requirements take first place.

1/ *Pagina precedente.* Berlino, la Casa d'Europa.
 Previous page. *Berlin, the House of Europe.*

2/ Berlino, la Casa d'Europa.
Berlin, the House of Europe.

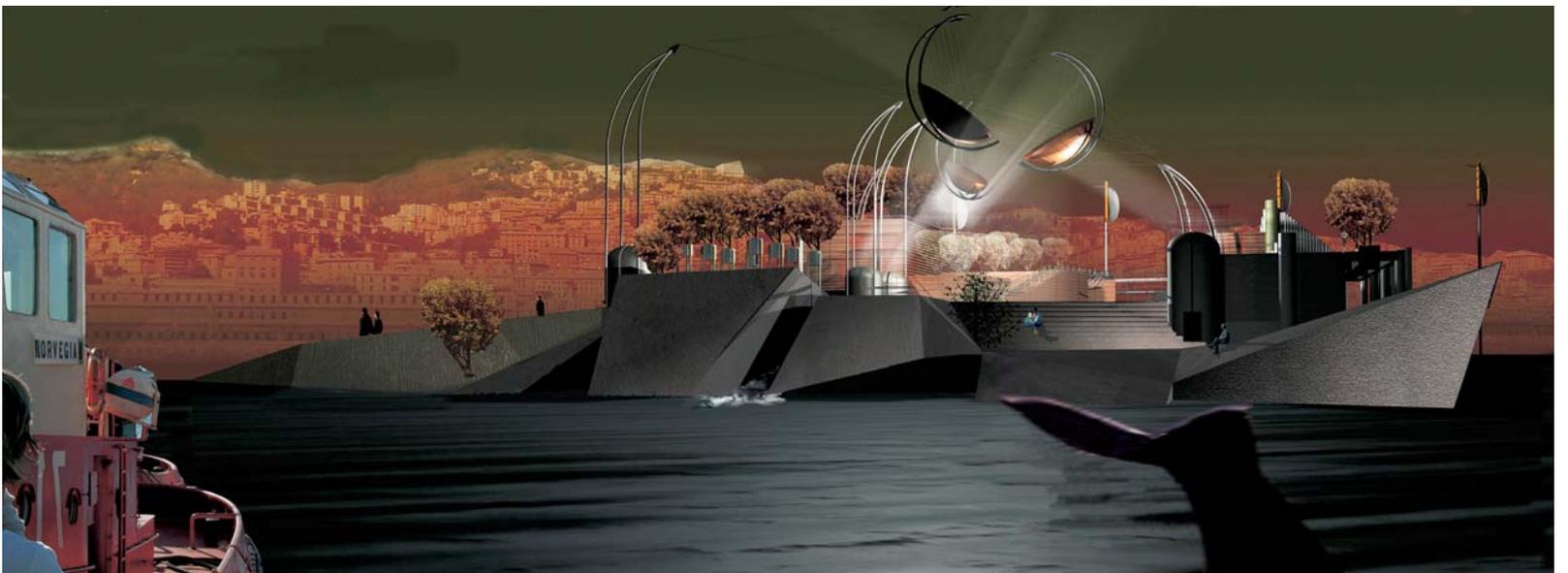
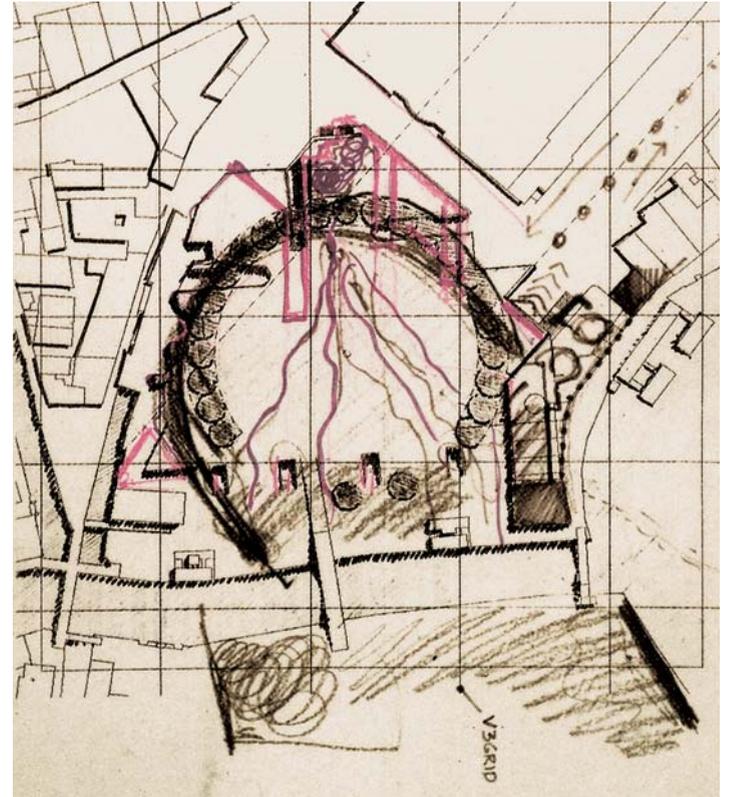
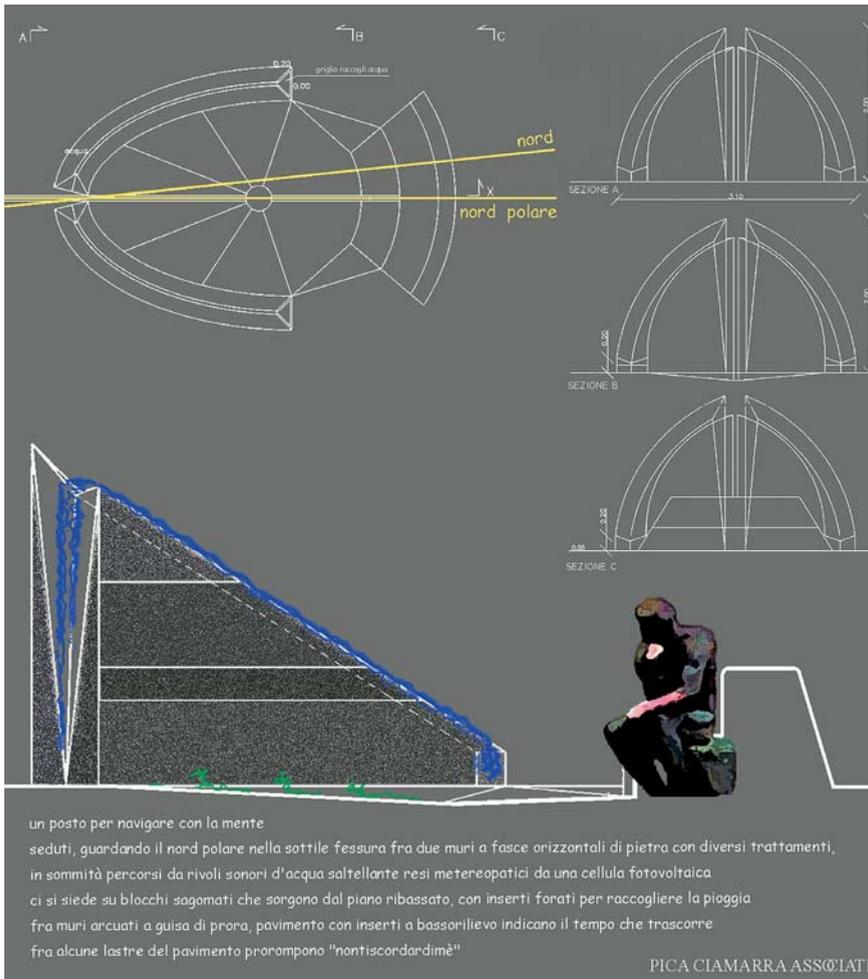


UNO SPAZIO ANTIPROSPETTICO SUL "PERCORSO DELLA MEMORIA"

3/ Progetto di fontana per un centro dell'alto Lazio.
Fountain design for a town in Upper Lazio.

4/ Genova, Ponte Parodi, simulazione virtuale.
Genoa, Ponte Parodi, virtual rendering.

5/ Venezia, Piazzale Roma, schizzo di progetto.
Venice, Piazzale Roma, draft project drawing.



Eser Durukal, Mustafa Erdik

Proteggere Hagia Sophia dai terremoti: una sfida per l'ingegneria e la conservazione



Per dimensione, immenso costo, straordinaria velocità di costruzione e spettacolare spazio interno, Hagia Sophia non conosce paralleli in architettura. Dedicata nel 537, durante il regno di Giustiniano, cinque anni dopo la sua costruzione, essa ha rappresentato nel corso dei secoli un'ispiratrice meraviglia architettonica e ingegneristica. L'edificio realizzato dagli architetti anatolici Antemio di Tralle e Isidoro da Mileto rappresenta una grande sfida per dimensione, tecnologia e materiali di costruzione: esso, infatti, è rimasto per quasi 800 anni una tra le più vaste strutture voltate del mondo (fig. 1).

Nel corso della sua storia, tuttavia, Hagia Sophia è stata colpita da numerosi terremoti che hanno reso necessarie ricostruzioni di par-

ti della sua cupola centrale e degli arconi così come riparazioni di molti elementi strutturali (vedi tabella 1, in cui sono sintetizzati gli eventi più significativi; i crolli parziali sono indicati in grigio).

Essendo Hagia Sophia uno dei più importanti monumenti del patrimonio culturale dell'umanità e dato l'elevato rischio sismico di Istanbul, bisogna dare riposta a due affascinanti questioni relative l'una all'adeguatezza dell'attuale struttura in caso di un rilevante sisma futuro e l'altra agli interventi eventualmente necessari per consegnare ai prossimi millenni un edificio ben conservato.

Nel 1989, grazie all'impegno e alla collaborazione tra i ricercatori delle università di Bogaziçi (Turchia) e di Princeton (USA) e con

Earthquake protection of Hagia Sophia: a challenge for engineering and conservation

With its vast scale, immense cost, extraordinary speed of erection and stunning interior space, the creation of Hagia Sophia is unparalleled in architecture. Dedicated during the reign of Justinian in 537 after five years of construction it has been an inspiring architectural and engineering marvel throughout the ages. The Anatolian architects, Anthemius of Tralles and Isidorus of Miletus created a building that was a big challenge given its size, the day's technology and the construction materials: it remained, finally, as the largest vaulted structure in the world for some 800 years (fig. 1).

During its history, though, Hagia Sophia was affected by many earthquakes, resulting in several reconstructions of parts of its main dome and arches and repair of several structural elements (see table 1, where the most significant events are summarized; partial collapses are indicated in grey):

Being one of the most important buildings of mankind's common heritage and given Istanbul's high seismic risk, two intriguing questions are to be faced concerning the worthiness of present-day Hagia Sophia's structure in a future major earthquake and what strengthening interventions, if any, will be needed to carry the edifice intact to future millennia.

In 1989, relying on the commitment and collaboration between the researchers of Bogaziçi (Turkey) and Princeton (USA) Universities as well as with the Turkish Ministry of Culture and the US National Science Foundation support, a project was set up in order to answer those challenging questions.

At the moment important stages of the project have been already completed: structural dimensions measurement through photogrammetric survey; assessment of construction materials properties; exploration of building sub-structure; installation of a monitoring system to evaluate its earthquake performance; analysis of the structure through a computer model; proposal of alternatives for strengthening.

1/ Pagina precedente. Hagia Sophia, Istanbul, vista generale.
Previous page. Hagia Sophia, Istanbul, general view.

Tab. 1. Danni dei passati terremoti
Past earthquake damages

23.02.532	Inizia la costruzione / <i>Construction starts</i>
27.12.537	Inaugurazione / <i>Inauguration</i>
554-557	Indebolimento e conseguente crollo dell'arcone est e di parti adiacenti della cupola principale e della semicupola est / <i>Weakening and consequent collapse of the east main arch and adjacent parts of main- and east semi domes</i>
09.01.869	Danni parziali / <i>Partial damage</i>
25.10.989	Crollo dell'arcone ovest e di parti adiacenti della cupola principale e della semicupola ovest / <i>Collapse of the west main arch and adjacent parts of main- and west semi domes</i>
19.05.1346	Crollo dell'arcone est e di parti adiacenti della cupola principale e della semicupola est / <i>Collapse of the east main arch and adjacent parts of main- and east semi domes</i>
10.09.1509	Danni parziali / <i>Partial damage</i>
10.05.1556	Danni parziali / <i>Partial damage</i>
02.09.1754	Danni parziali / <i>Partial damage</i>
22.05.1766	Danni parziali / <i>Partial damage</i>
10.07.1894	Lievi danni / <i>Light damage</i>

il supporto del Ministero della cultura turco e della US National Science Foundation, è stato messo a punto un progetto con l'obiettivo di rispondere a queste due impegnative domande.

Al momento sono già state completate attività importanti del progetto: misurazioni delle dimensioni della struttura per via fotogrammetrica; valutazione delle proprietà dei materiali usati per la costruzione; esplorazione delle sottostrutture dell'edificio; installazione di un sistema per il monitoraggio del comportamento in caso di sisma; analisi della struttura attraverso un modello computerizzato; proposte alternative per il rinforzo strutturale finalizzato al miglioramento sismico.

A causa del valore storico dell'edificio, nel corso del progetto sono stati impiegati metodi di indagine non distruttivi: numerose attività sono state sviluppate utilizzando monitoraggi strumentali (per misurare gli effetti delle vibrazioni ambientali e degli scuotimenti sismici) e rilievi (fotogrammetria della cupola centrale, analisi georadar e termografiche). Qui di seguito tenteremo di sintetizzare i vari risultati.

Indagini strumentali:

monitoraggio strumentale e rilievo

La misura delle vibrazioni ambientali rappresenta un elemento importante per lo studio dei sistemi strutturali complessi.

I risultati così ottenuti forniscono infatti informazioni di grande affidabilità sulle caratteristiche dinamiche della struttura, utili per calibrare i modelli numerici e progettare un sistema strumentale di misura della risposta al sisma. Al fine di determinare la risposta caratteristica di Hagia Sophia per vibrazioni di piccola ampiezza, è stata effettuata una serie di quindici misurazioni; per quanto attiene invece alle forme e frequenze modali di vibrazione è stata utilizzata un'analisi nel dominio delle frequenze mediante spettri di Fourier in termini di ampiezza, potenza e fase, e mediante funzioni di filtraggio, di campionamento e di trasferimento (in tabella 2 si riportano i risultati di questi studi in termini di frequenze e forme modali identificate).

Inoltre, al fine di valutare eventuali danni permanenti prodotti su Hagia Sophia dai sismi di Kocaeli e Düzce del 1999, nell'aprile 2000¹ è stato condotto un primo test di vibrazioni am-

Owing to the historic value of the building, non-destructive methods have been applied throughout the project: a large number of activities have then been carried out both through instrumental monitoring (ambient vibration, strong motion array) and survey (photogrammetry of main dome, georadar and thermal analysis). In the following article we will synthetically show their results.

Instrumental analyses:

structural monitoring and survey

Ambient vibration testing is an important element for complex systems structural studies. The results provide clues about linear dynamic characteristics of the structure which in turn help to calibrate the numerical models and to design a reliable and optimal strong motion instrumentation system. To determine the low amplitude response characteristics of Hagia Sophia a series of 15 measurements were carried out. For the identification of modal frequencies of vibration (MFVs) and shapes frequency domain, analysis involving Fourier amplitude, power and phase spectra, filtering, windowing and transfer functions were used (table 2 provides the results of this studies in terms of MFVs and identified mode shapes). Besides, in order to evaluate eventual permanent damages caused on Hagia Sophia by 1999 Kocaeli and Düzce earthquakes, a preliminary post-earthquake ambient vibration testing was performed in April 2000¹. Ambient vibrations were recorded with a portable seismometer at each accelerometer station in two directions for about 3,8 minutes. Uniform data processing involved baseline correction and band-pass filtering between 1-10 Hz, a frequency band where the first vibrational frequencies fall according to previous analyses. Ambient vibration data indicate 1.75Hz as the first MFV and 2.01Hz as the second MFV of Hagia Sophia. Pre-earthquake first and second MFVs determined from ambient vibration data were 1.85Hz and 2.10Hz. A frequency drop of about 5.4% in the EW direction and 4.3% in NS direction is evident from the comparison of pre and post earthquake MFVs. A comprehensive ambient vibration survey will anyway be necessary to reassess these frequencies. A Strong Motion Network measuring absolute

Tab. 2. Frequenze e forme modali determinate analizzando i dati delle vibrazioni ambientali
Modal frequencies and general mode shapes determined by analysis of ambient vibration data

Modo <i>Mode</i>	Frequenza modale <i>Modal frequency</i>	Moto dominante <i>Dominant motion</i>
1	1.85 Hz	Vibrazioni laterali compressive in direzione est-ovest / <i>Total lateral vibrations in E-W direction</i>
2	2.10 Hz	Vibrazioni laterali compressive in direzione nord-sud / <i>Total lateral vibrations in N-S direction</i>
3	2.35 Hz	Vibrazioni laterali e torsionali accoppiate in direzione est-ovest, centro di rotazione situato in corrispondenza del lato sud / <i>Combined E-W lateral and torsional vibrations, center of rotation located on the south side</i>
4	2.50 Hz	Vibrazioni laterali e torsionali accoppiate in direzione nord-sud, centro di rotazione situato in corrispondenza del lato ovest / <i>Combined N-S lateral and torsional vibrations, center of vibration is located on the west side</i>
5	2.70 Hz	Modo tipo «respiratorio» / <i>Breathing mode</i>
6	2.80 Hz	Vibrazioni distorte diagonalmente / <i>Diagonally warping vibrations</i>

E. Durukal, M. Erdik, *Comparison of system identification techniques: a case study for Hagia Sophia*, in *Earthquake Resistant Construction and Design*, S.A. Savidis, 2, 1994, pp. 993-1.000.

bientali. I dati sperimentali sono stati registrati in due direzioni con un sismografo portatile, in corrispondenza di ciascuna stazione accelerometrica, per circa 3,8 minuti. L'uniformità di elaborazione dei dati ha richiesto la correzione della linea di base e un filtraggio passa-banda tra 1 e 10 Hz, una banda di frequenza in cui, stando a prove precedenti, si registra una riduzione delle prime frequenze di vibrazione. I dati ricavati dalle vibrazioni ambientali indicano per Hagia Sophia 1,75 Hz come frequenza del primo modo e 2,01 Hz come seconda. Una diminuzione della frequenza di circa il 5,4% in direzione est-ovest e del 4,3 % in direzione nord-sud risulta evidente dal confronto tra le frequenze proprie registrate prima e dopo l'evento sismico. Un rilievo sistematico delle vibrazioni ambientali sarà in ogni caso necessario per una revisione della stima di queste frequenze.

È stata inoltre predisposta una rete per la misura delle accelerazioni assolute provocate da scuotimenti sismici in corrispondenza dei sensori con l'obiettivo di definire accuratamente il sistema strutturale. Le tecniche di identifi-

cazione spettrale sono largamente impiegate in ingegneria strutturale, mentre quelle parametriche sono relativamente poco utilizzate dai professionisti. Il metodo di identificazione spettrale utilizza spettri di Fourier in termini di ampiezza, potenza, potenza incrociata e fase, così come funzioni di trasferimento e funzioni di trasferimento di fase per l'individuazione dei modi e delle frequenze naturali di vibrazione. Il sistema parametrico, d'altra parte, consiste appunto nello scegliere un modo parametrico come i modelli ARX e ARMAX, calcolando i parametri del modello per mezzo di dati di tipo *input-output* o soltanto *output* (a seconda dei dati disponibili, del modello scelto e della sua validazione con metodi di tipo cancellazione zero-polo), confrontando l'*output* reale con quello calcolato, valutando i residui e le loro correlazioni incrociate e autocorrelazioni con l'*input*.

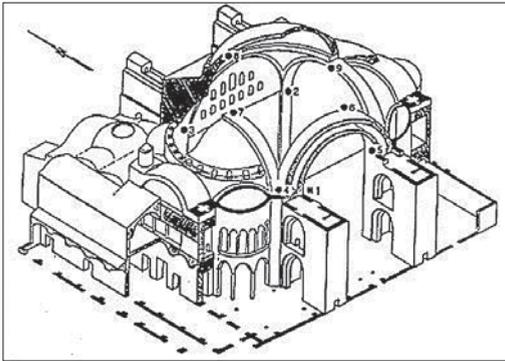
Una rete di accelerometri, per misura delle vibrazioni indotte da moto sismico del suolo, costituita da nove unità SSA-2 interconnesse è stata installata presso Hagia Sophia nell'agosto del 1991 (fig. 2). La prima unità è po-

accelerations at sensor locations has also been set up to reach an accurate structural system identification. Spectral system identification techniques are widely used by the engineering community, whereas parametric ones are relatively less preferred by practitioners. The spectral system identification uses Fourier amplitude, power, cross-power and phase spectra as well as transfer functions and transfer function phases for natural vibration modes and frequencies detection. The parametric system identification, on the other hand, consists in choosing a parametric mode, such as ARX and ARMAX models, calculating model parameters using the input-output or only output data (depending on the model chosen and data available and validating the model by methods like zero-pole cancellations), comparing the real output with calculated output, calculating the residuals and their auto- and cross-correlations with the input. A strong motion accelerometer network consisting of nine interconnected SSA-2 units was installed in Hagia Sophia in August 1991 (fig. 2). The first unit is at ground level near the north-east main pier while four accelerometers are located on the piers at the springing points of the main arches (about 24m above ground level); the last four instruments are finally installed on the main arches crowns at dome base level (about 41m above ground floor).

Kocaeli and Düzce earthquakes, as well as following aftershocks, created a number of recordings in Hagia Sophia. Before 1999 the Hagia Sophia arrays had provided data pertaining to events with magnitudes varying between 3.9 to 4.8 M_b , epicentral distances from 22 to 140 km and a maximum acceleration of 13 cm/s^2 : the Kocaeli and Düzce sequences showed instead magnitudes changing between 4.3 and 7.4 M_b with peak accelerations reaching 77 cm/s^2 (fig. 3).

Basing on pre 1999 data analysis, it has been determined that the first three vibration modes of the structure involve coupled lateral-torsional motions. In the first and second modes translations dominate respectively in the E-W and N-S directions. In the third mode the dominant motion is torsional. Modal shapes complexity is a consequence of Hagia

2/ Hagia Sophia,
schema della disposizione degli accelerometri.
Hagia Sophia, strong motion array.



sta al livello del pavimento vicino al pilastro nord-est mentre quattro accelerometri sono situati sui pilastri in corrispondenza dell'imposta degli arconi (a circa 24 m di quota); i quattro ultimi rilevatori sono infine installati sulla chiave degli arconi al livello dell'imposta della cupola (circa a 41 m dal pavimento). Gli eventi sismici di Kocaeli e Düzce, così come le corrispondenti repliche, hanno prodotto una serie di registrazioni. Prima del 1999 la

rete di sensori aveva fornito dati relativi a eventi con magnitudo M_b variabili tra 3,9 e 4,8 e con distanze epicentrali tra i 22 e i 140 km e accelerazioni massime (registrate in Hagia Sophia) di 13 cm/s^2 : le sequenze di Kocaeli e Düzce invece hanno avuto magnitudo M_b variabili tra 4,3 e 7,4 con picchi di accelerazione fino a 77 cm/s^2 (fig. 3).

In base ai dati precedenti al 1999, si è concluso che i tre modi principali di vibrazione della struttura coinvolgono moti latero-torsionali accoppiati. Nel primo e secondo modo le traslazioni sono predominanti rispettivamente nelle direzioni est-ovest e nord-sud. Nel terzo, invece, il moto prevalente risulta torsionale. La complessità delle forme modali è conseguenza dell'irregolarità del sistema strutturale di Hagia Sophia.

Dalla tabella 3 emerge una variazione, specificamente sismica, delle frequenze proprie di Hagia Sophia. I valori più alti sono ottenuti dai rilevamenti delle vibrazioni ambientali. La prima frequenza diminuisce da 1,85 Hz fino

Sophia's structural system irregularity. From table 3 an earthquake specific variation of Hagia Sophia MFVs can be evidently identified. The highest values are obtained from the ambient vibration survey. The first MFV of 1.85 Hz drops as low as 1.56 Hz and the second frequency of 2.10 Hz drops to 1.77 Hz. A similar study on data from the Süleymaniye² yielded however that the variation is not specific to Hagia Sophia, but existed in Süleymaniye as well, whose structure consists principally of stone masonry arches unlike Hagia Sophia's. The reason have been attributed to the micro-cracking throughout the structure and to the existence of a jelly-like material in micro-structure of Hagia Sophia mortar which is characteristic of its construction period³. Based on pre-1995 earthquake recordings, two notable features were found concerning its time domain behaviour: different response characteristics of the SW pier in comparison with the other three (SW pier corresponds to station 4) and the high amplitude in the order of lateral vibrations at the crowns of east (station 9) and west (station 7) main arches in vertical direction.

Accelerations recorded at the top of the SW main pier were associated with higher levels (see fig. 3 for the 12.11.1999 recording) and with different frequency characteristics when compared with data from stations 2, 3 and 5 at the same level. Calculations at the same stations indicate consistently higher displacements sustained by the SW main pier. Higher response levels can also be observed from acceleration power spectra of 17.08.1999 (fig. 4). The reasons could be found in soil conditions at the base of the SW pier as well as in problems concerning foundation, localized structural elements or materials.

According to a study carried out by Gürbüz et al. in 1993⁴ (fig. 5), the soil beneath main arches reveals a bedrock approximately 1 m. below NW and NE piers ground level. It dips towards south, so that SW and SE piers foundations are about at -3 m level. This 2 m difference might have been an explanation if the SE pier had behaved similarly to the SW. Emerson and Van Nice⁵, looking at the almost symmetrical structural deformations of the four main piers (an average of 0.15 m. outwards in

Tab. 3. Forme modali e frequenze proprie (in Hz) basate su stime spettrali precedenti al 1999
Modal shapes and frequencies (in Hz) based on spectral estimation – pre 1999 data

Modo / Mode	1	2	3
Vibrazioni ambientali	1.85	2.10	2.35
<i>Amb. Vib. Surv.</i>			
22.3.92			
0.29%g	1.62	1.85	2.35
15s			
18.3.93 /1			
0.15%g	1.70	1.94	2.35
5s			
18.3.93 /2			
0.46%g	1.62	1.85	2.30
14s			
3.7.93			
0.59%g	1.75	2.05	2.28
6s			
12.12.93			
1.32%g	1.56	1.77	2.34
15s			
Moto predominante	est-ovest laterale	nord-sud laterale	torsionale
<i>Dominant motion</i>	<i>E-W lateral</i>	<i>N-S lateral</i>	<i>torsional</i>

Le accelerazioni massime e la durata del moto sismico significativo sono indicate nella stessa cella delle frequenze della risposta sismica. / *Maximum accelerations and the duration of the strong motion part are given in the same cell with the earthquake response*

3/ Il sisma di Düzce del 1999 (Mw 7.2) registrato ad Hagia Sophia.
The 1999 Düzce (Mw 7.2) earthquake as recorded by the Hagia Sophia array.

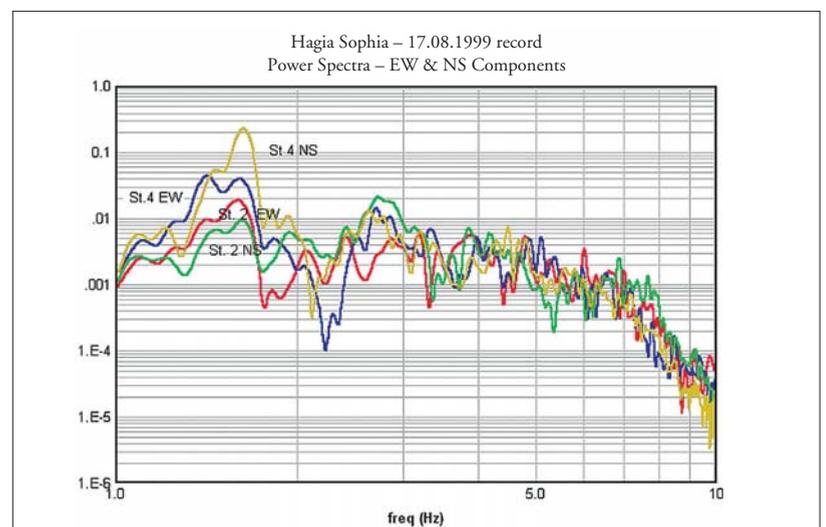
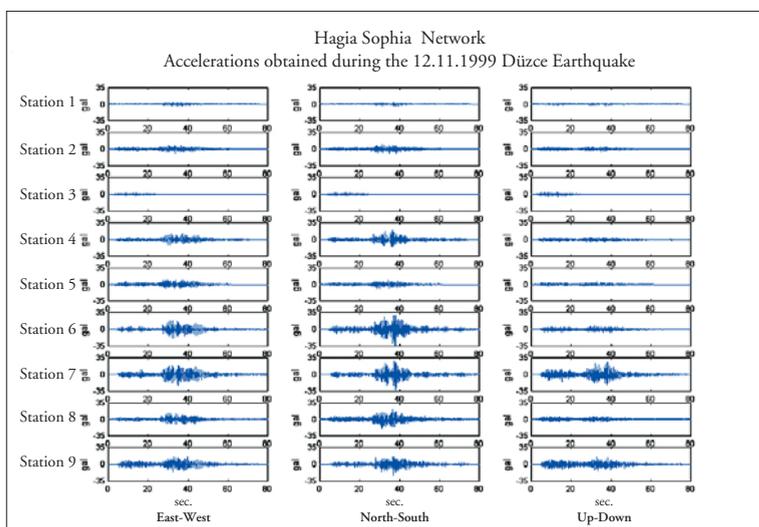
a 1,56 Hz e la seconda frequenza di 2,10 Hz scende a 1,77 Hz. Uno studio analogo condotto su dati relativi alla Moschea Süleymaniye² ha rivelato tuttavia che tale variazione non è specifica di Hagia Sophia, ma è comune anche a Süleymaniye, la cui struttura, diversamente da quella di Hagia Sophia, è composta principalmente da archi in pietra. La ragione di tale comportamento è stata attribuita a microfessure che attraversano la struttura di Hagia Sophia nonché alla microstruttura della malta, simile a quella di un materiale tipo «gelatina», tipica del periodo di costruzione³. In base alle registrazioni sismiche precedenti al 1995, due aspetti distintivi sono stati individuati nel comportamento di Hagia Sophia nel dominio del tempo: la risposta del pilastro sud-ovest è sensibilmente diversa da quella degli altri tre (questo pilastro corrisponde alla stazione 4); le vibrazioni verticali delle chiavi degli arconi est (stazione 9) e ovest (stazione 7) hanno ampiezza notevole. Le accelerazioni registrate alla sommità del pilastro sud-ovest sono più intense (vedi fig. 3 per i dati del 12.11.1999) e hanno un contenuto in frequenza differente rispetto a quelle delle stazioni 2, 3 e 5 poste alla medesima quota. Gli spostamenti calcolati nelle medesime stazioni indicano che quelli del pilastro sud-ovest sono stati significativamente più grandi. Livelli più alti di risposta possono altresì essere osservati dalle potenze spettrali delle accelerazioni, registrate il 17.08.1999 (fig.

4). Le ragioni di questo fenomeno sono da ricercare nelle condizioni del terreno alla base del pilastro sud-ovest, in problemi di fondazione, di singoli elementi strutturali ovvero di materiale.

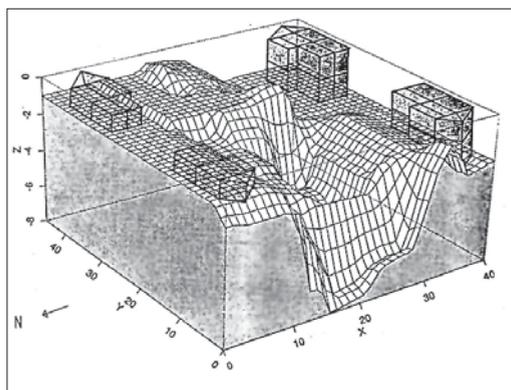
Secondo uno studio condotto da Gürbüz e altri nel 1993⁴ (fig. 5), il terreno su cui insistono gli arconi rivela un banco di roccia un metro al di sotto dello spiccatto dei pilastri nord-ovest e nord-est. Esso si approfondisce verso sud, così che le fondazioni dei pilastri sud-ovest e sud-est sono a circa meno 3 m. Questi 2 metri di differenza avrebbero potuto avere una valida spiegazione se si fosse riscontrato per il pilastro sud-est un comportamento simile a quello sud-ovest. Emerson e Van Niece⁵, con riguardo alle deformazioni strutturali quasi simmetriche dei quattro pilastri (una media di 0,15 m all'esterno in direzione est-ovest e di 0,45 sempre all'esterno in direzione nord-sud per ciascun pilastro), sono giunti a considerare improbabile un comportamento differenziale dei materiali di fondazione, sia esso di origine strettamente statica o tanto meno come risultato di eventi sismici. L'unica possibile spiegazione per questa situazione atipica attiene a localizzati problemi strutturali o di materiale, essendo inverosimile un impiego di materiali significativamente differenti tra il pilastro sud-ovest e gli altri. Dissetti della struttura o danni provocati da passati terremoti non possono tuttavia essere studiati nelle condizioni attuali, dal momento

4/ Hagia Sophia, potenza spettrale di accelerazione in corrispondenza delle stazioni 4 e 2 (dati del 17 agosto 1999, sisma Kocaeli).
Hagia Sophia, power spectral densities at stations 4 and 2 (17 August 1999, Kocaeli earthquake data).

the E-W direction and an average of 0.45 m. outwards in the N-S direction for each single pier), came to the conclusion of an improbable differential foundation material behaviour neither statically nor as a result of earthquakes. The only possible explanation for this atypical behaviour resides in localized structural or material problems, being almost impossible a usage of different materials between SW pier and the others. Structural deteriorations or damages from past earthquakes, though, cannot be studied at this stage, since the body of the SW main pier is covered with marble panels: hence, whatever the reason, this behaviour remains to be explained. The structural history of Hagia Sophia hints the eastern and western arches and adjacent portions of the main- and semidomes as the most vulnerable locations. Indeed the eastern arch collapsed twice as a result of earthquakes in 557 and 1346 and the western once during the 989 earthquake along with the portions of the main dome and the semidomes. The main structure, however always remained intact. From the recordings of Hagia Sophia array it was observed that vertical accelerations at the crowns of the west and east main arches (stations 7 and 9 respectively) are almost in the order of horizontal accelerations recorded at the same level and sometimes the peak acceleration is recorded in the vertical direction (fig. 3). It is evident that especially the western main arch



5/ Hagia Sophia, composizione del terreno al di sotto dei pilastri principali (da Gürbüz et al., *op. cit.*).
Hagia Sophia, bedrock topography beneath the main piers (from Gürbüz et al, op. cit.).



che il pilastro sud-ovest risulta rivestito di lastre di marmo: quindi, qualunque sia la ragione, tale comportamento resta da chiarire. La storia «strutturale» di Hagia Sophia indica gli arconi est e ovest insieme alle adiacenti porzioni della cupola e delle semicupole come le localizzazioni maggiormente vulnerabili. In effetti l'arcone est è crollato due volte a seguito dei terremoti del 537 e del 1346 e quello ovest ha subito la stessa sorte insieme a parti della cupola e delle semicupole durante il sisma del 989. La struttura principale, comunque, è sempre rimasta intatta. Dalle registrazioni degli strumenti collocati nell'edificio è stato possibile osservare che le accelerazioni verticali in corrispondenza della sommità degli arconi est ed ovest (rispettivamente stazioni 9 e 7) risultano quasi dello stesso ordine di grandezza di quelle orizzontali registrate allo stesso livello e talvolta la massima accelerazione è stata rilevata in direzione verticale (fig. 3). Risulta così evidente come specialmente l'arcone ovest si trovi a sopportare alti livelli di accelerazione e spostamento.

Per stabilire la variazione delle frequenze proprie durante un singolo evento, le frequenze proprie definite nel dominio del tempo sono state calcolate utilizzando una sovrapposizione del 50% e segmenti della durata di 5 secondi. Il cambiamento delle frequenze naturali è stato stimato per ogni stazione e per ciascun evento, quindi dei valori è stata operata la media al fine di ottenere un quadro generale dell'intera struttura. Con questo approccio, le variazioni del primo e secondo modo di Hagia Sophia sono state elaborate sulla base degli eventi registrati il 17.08.1999, il 13.09.1999, il 21.10.1999 e il 12.11.1999 (la

6/ Hagia Sophia, variazione della prima e seconda frequenza modale durante quattro eventi delle sequenze dei sismi Kocaeli e Düzce (da Durukal et al., *op. cit.*).

Hagia Sophia, variation of first and second modal frequencies during four events from the Kocaeli and Düzce earthquake sequences (from Durukal et al., op. cit.).

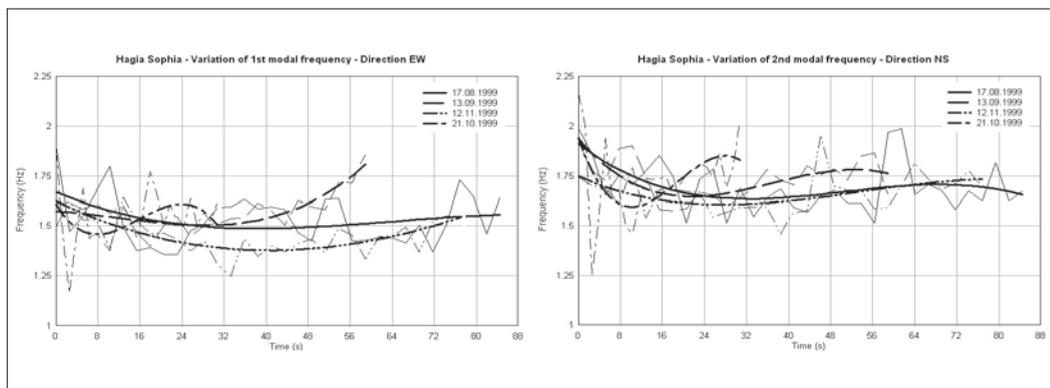


fig. 6 riassume i risultati). L'andamento delle frequenze proprie è stato accentuato per mezzo di una curva di interpolazione. È evidente che la variazione può in realtà essere rintracciata nel singolo evento e che le frequenze proprie quasi recuperano i valori iniziali precedenti il sisma dopo che la fase transiente da questo eccitata si esaurisce.

Tecniche spettrali sono state inoltre applicate al fine di identificare le proprietà dinamiche del sistema con riferimento ai due eventi più importanti del 1999 (fig. 7): la scossa principale del sisma Kocaeli è stata registrata soltanto da due stazioni poste al livello della prima cornice di Hagia Sophia. Pertanto non è stato possibile calcolare nessuna funzione di trasferimento. Si è potuto comunque osservare una diminuzione del 25% nella prima e del 27% nella seconda frequenza modale: la spiegazione di questo dato inaspettato è al momento ancora sconosciuta (chiaramente il comportamento non lineare dei materiali non può di per sé rappresentare una spiegazione razionale del fenomeno, dal momento che esso è stato osservato anche nel corso di eventi di bassa ampiezza e con livelli molto bassi di tensione).

Il fenomeno dello smorzamento è determinato essenzialmente da una combinazione di fattori come i materiali della costruzione, la dissipazione dovuta ai giunti, alle fratture e all'interazione suolo-struttura. Spettri ponderati di ciascun evento sono stati utilizzati nelle elaborazioni. Sebbene questo approccio sia meno preferibile rispetto alle tecniche che prevedono l'identificazione parametrica di un sistema, nella nostra esperienza, tuttavia, entrambi gli approcci producono risultati simi-

experiences high acceleration and displacement levels.

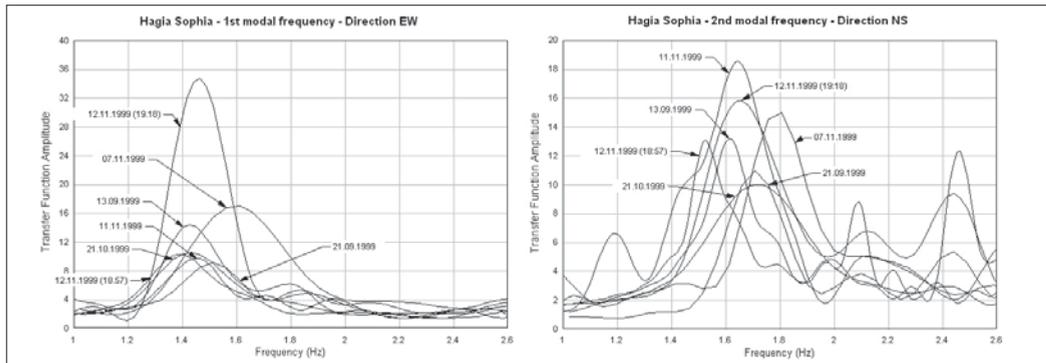
To assess MFVs variation during a single event, time-localized MFVs were calculated using 50% overlapping, 5 second long segments: for each station and given event, values have been averaged achieving a general picture of the whole structure. Using this approach, the variation of first and second MFV of Hagia Sophia was calculated from recordings of events on 17.08.1999, 13.09.1999, 21.10.1999 and 12.11.1999 (fig. 6 summarizes the results). The trend followed by MFVs has been accentuated by curve fitting. It can be seen that the variation can actually be tracked during a single specific event and that the MFVs almost recover their pre-strong motion values after the co-strong motion part dies out.

Spectral techniques have been applied also to identify the dynamic system properties referring to main 1999 events (fig. 7): the main shock of Kocaeli earthquake was recorded by two stations only at the first cornice level of Hagia Sophia. Therefore no transfer functions were calculated in this case. A 25% drop of the first MF and a 27% drop of the second MF in Hagia Sophia were so observed: the reason for this unexpected result is presently still unknown (Clearly the material non-linearity cannot itself, be a rational explanation for the phenomenon, since it was observed during low amplitude events with very low strain levels as well).

Damping essentially represents a combination inherent building material, dissipation at the joint and crack interfaces and dissipation due to soil-structure interaction. Average spectra for each event have been used in calculations.

7/ Prima (a sinistra) e seconda (a destra) frequenza modale di Hagia Sophia stimate in base a diversi eventi delle sequenze dei sismi Kocaeli and Düzce (da Durukal et al., *op. cit.*).

First (left) and second (right) modal frequencies of Hagia Sophia estimated from different events of the Kocaeli and Düzce earthquake sequences (from Durukal et al., *op. cit.*).



li. Questi vanno considerati come una prima valutazione dello smorzamento che corrisponde al livello medio di ampiezza di eccitazione in ciascun evento sismico (tabella 4). Per quanto riguarda le forme modali di vibrazione, riferendoci a configurazioni strutturali complesse, esse non sono così semplici come negli edifici moderni. Inoltre, le modifiche strutturali realizzate nei secoli insieme con i diversi danni sismici e le relative ricostruzioni hanno determinato un'intrinseca complessità delle forme come combinazione di movi-

menti laterali e torsionali e su tutti e tre gli assi. Si può concludere che i primi due modi coinvolgono in generale moti laterali. Il primo modo di vibrazione di Hagia Sophia è infatti laterale lungo il suo asse est-ovest (fig. 8 in alto); il secondo lo è lungo l'asse nord-sud con una componente torsionale (fig. 8 in basso). La struttura mostra forti deformazioni dei suoi pilastri e archi come risultato delle proprietà dei materiali, velocità di costruzione, danni sismici e ricostruzioni. I pilastri principali risultano inclinati e ruotati all'esterno.

Tab. 4. Frequenze e smorzamento modali registrate a Hagia Sophia
Modal frequencies and modal dampings of Hagia Sophia

Evento / Event	I frequenza modale direzione est-ovest <i>1st modal frequency direction EW</i>	I smorzamento modale direzione est-ovest <i>1st modal damping direction EW</i>	II frequenza modale direzione nord-sud <i>2nd modal frequency direction NS</i>	II smorzamento modale direzione nord-sud <i>2nd modal damping direction NS</i>
Vibrazioni ambientali <i>Ambient (1992)</i>	1.85 Hz	-	2.10 Hz	-
17.08.1999	1.41 Hz	2.64 %	1.59 Hz	3.84 %
13.09.1999	1.43 Hz	3.70 %	1.61 Hz	3.12 %
21.09.1999	1.51 Hz	-	1.71 Hz	-
21.10.1999	1.42 Hz	6.97 %	1.71 Hz	6.40 %
07.11.1999	1.61 Hz	-	1.79 Hz	-
11.11.1999	1.45 Hz	3.62 %	1.65 Hz	3.63 %
12.11.1999 (18:57)	1.38 Hz	4.27 %	1.53 Hz	4.46 %
12.11.1999 (19:18)	1.46 Hz	-	1.66 Hz	-
Vibrazioni ambientali <i>Ambient (2000)</i>	1.75 Hz	-	2.10 Hz	-

While this spectral approach is less desirable compared to parametric system identification techniques, in our experience though, either approach would yield similar results: a first order estimates of damping that corresponds to the average level of excitation amplitudes in each earthquake (table 4).

As for Modal shapes of vibration, referring to buildings with a complex structure configuration, they are not as simple as modern structures. Furthermore, structural modifications carried out over the centuries together with several earthquake damages and repairs have determined an inner shapes complexity being a combination of tri-axial lateral and torsional movements. It can be concluded that the first two modes involve lateral motions in general. The first mode of vibration of Hagia Sophia is a lateral mode along its EW axis (fig. 8, top); its second mode is general lateral along its NS axis with some torsion (fig. 8, bottom).

The structure exhibits as well large deformations in its piers and arches resulting from material properties, speed of construction, earthquake damage and reconstructions. The main piers are inclined and rotated outwards. They incline away from vertical an average of 45 cm along the short axis of the structure and lean backward an average of 15 cm along the long axis. The angle of deflection of main piers averages 19 degrees. The drop of the crowns of the main arches is about 70 cm each. The dimensions of the finite element model, which is the basis of structural analysis to be covered in coming sections, are based on Van Nice and Mainstone works^{vi}. In modelling an idealized geometry is adopted despite the fact the real structure is hardly regular.

Also main dome and semi domes deformations are quite impressive: according to a photogrammetric study on the former (Gürkan et al, 1992)^{vii} that included measurement and modeling, the radius of the best-fitting sphere is $16.93 \pm 0.02m$, the segment angle is 150.67° from the top of the windows and 163.00° from the base of the dome while deviation in the actual inner dome surface from the best-fitting sphere varies between $-42cm$ to $+27cm$. From the contour maps several segments can be identified and

8/ Primo (in alto) e secondo (in basso) modo di spostamento di Hagia Sophia (da Durukal et al., *op. cit.*).
*First (top) and second (bottom) modal displacements of Hagia Sophia (from Durukal et al., *op. cit.*)*

Essi si discostano dalla verticale una media di 45 cm lungo l'asse minore della struttura e si piegano all'indietro una media di 15 cm lungo l'asse maggiore. L'angolo di inclinazione dei pilastri raggiunge in media i 19 gradi. L'abbassamento delle chiavi degli arconi principali è di circa 70 cm ciascuno. Le dimensioni del modello a elementi finiti, che è alla base dell'analisi strutturale affrontata nei paragrafi seguenti, derivano dai lavori di Van Nice e Mainstone⁶. Nella modellazione è stata adottata una geometria idealizzata malgrado che la struttura reale sia largamente irregolare.

Anche le deformazioni presenti nella cupola e nelle semicupole sono assai impressionanti: secondo uno studio fotogrammetrico condotto sulla prima (Gürkan e altri, 1992)⁷, che ha incluso misurazione e modellazione, il raggio della sfera che meglio interpola i dati di ri-

lievo risulta di $16,93 \pm 0,02$ m, l'ampiezza del segmento sferico ammonta a 150,67 gradi dalla sommità delle finestre e a 163,00 gradi dall'imposta della cupola, mentre la deviazione del suo reale intradosso rispetto alla sfera d'interpolazione varia da -42 a $+27$ cm. Dall'immagine dei contorni si possono identificare diversi segmenti da mettere in correlazione con differenti interventi ricostruttivi. Si sono realizzati, infine, alcuni saggi preliminari per l'applicazione del georadar e della termografia al fine di valutare l'integrità strutturale di alcuni elementi. Una campagna di rilevamenti georadar è stata condotta sul corpo del pilastro sud-ovest per via del suo atipico comportamento dinamico⁸.

Abbiamo anche testato le potenzialità nell'individuare fratture negli elementi strutturali sfruttando le difformità termiche di superficie. A questo proposito è stato condotto uno studio preliminare su porzioni della cupola principale grazie a un ponteggio messo in opera per il restauro dei mosaici. Abbiamo potuto scegliere così superfici in cui alcune fratture erano già visibili ovvero esistevano aperture circolari per la ventilazione. I risultati tuttavia non si sono dimostrati molto promettenti: ciò nonostante è comunque opportuno esplorare ancora in futuro questa possibilità.

I materiali della costruzione

Due tipi di materiali sono stati utilizzati per la costruzione di Hagia Sophia: i pilastri principali e quelli secondari sono in pietra fino all'imposta degli archi; gli arconi, la cupola e le semicupole, parti dei pilastri principali e il resto dei contrafforti verticali sono invece in muratura di mattoni.

Indagini non distruttive sono state condotte sulle superfici esposte al fine di accertare la composizione chimica della malta utilizzata e per stabilire i moduli elastici e le resistenze a compressione dei principali materiali strutturali (vale a dire mattoni, malta e mattoni + malta come materiale composito). Il nostro obiettivo finale è di mettere a punto una tecnologia per riprodurre malta compatibile da usarsi nel corso dei lavori di ripristino. La metodica che utilizza gli ultrasuoni è stata impiegata per la determinazione dei moduli elastici mentre con il test di Hammer si sono ot-

correlated with different reconstructions interventions.

There has been, finally, some preliminary efforts for application of georadar and thermal approaches to investigate structural integrity of some elements. A georadar campaign has been carried out on the body of the SW pier, knowing that its dynamic behaviour is different from the others^{viii}.

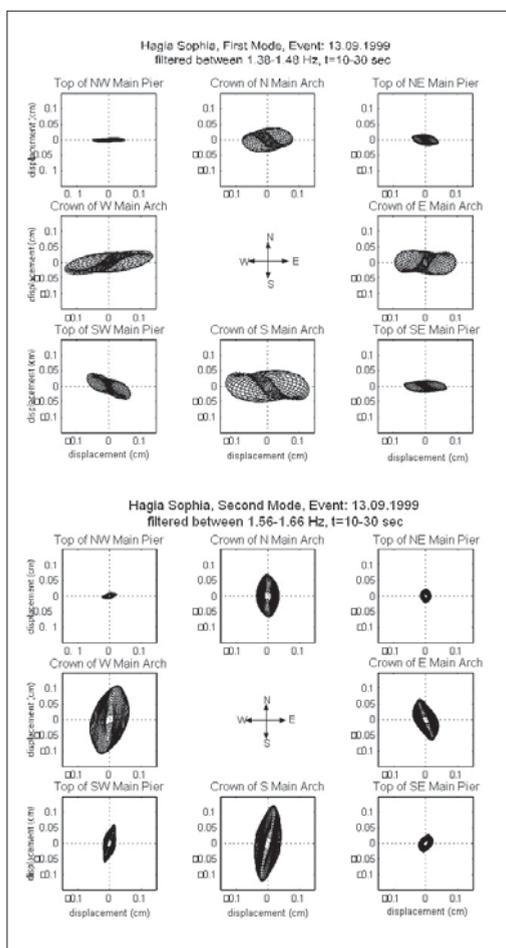
We have also tested superficial thermal deviations potentials in locating cracks in structural elements. We have carried out a preliminary study on parts of the main dome thanks to a scaffolding put in place for restoration of upper mosaics. We were able to choose surfaces where some cracks were already visible and/or where there were circular openings left for ventilation. The results were not very promising: yet, we believe it is worthwhile to investigate this possibility further.

Building Materials

Two types of materials have been used in Hagia Sophia's construction: the main and secondary piers are made of stone masonry up to the springing points of arches; the main arches, the main and semi domes, portions of main piers and the rest of the buttress piers are instead comprised of brick masonry.

Non-destructive tests were carried out on the exposed surfaces in order to understand the chemical composition of Hagia Sophia's mortar and to assess the moduli of elasticity and compressive strengths of principal structural materials (namely brick, mortar and brick and mortar as a composite material). Our ultimate aim is to produce technology for re-constituting compatible mortar to be used in rehabilitation work. Ultrasonic testing method was used for dynamic moduli determination and Hammer testing to obtain average compressive strengths of mentioned materials. The analyses involved also mineralogical and chemical studies as well as microstructural physico-chemical ones.^{ix} The dynamic elastic moduli could then be estimated as 3.10 GPa for brick, 0.66 GPa for mortar and 1.83 GPa for composite^x.

Chemical analyses, besides, classified Hagia Sophia's mortar as pozzolanic, which, unlike Portland cement, does not react itself with



9/ Hagia Sophia, analisi dinamica non lineare per eccitazioni transienti, propagazione delle plasticizzazioni in direzione est-ovest (da H. Keypour, *Comprehensive Nonlinear Dynamic Analysis of Hagia Sophia*, Ph.D. Thesis, Bogaziçi University, Istanbul, 2001).
Hagia Sophia, nonlinear transient dynamic analysis, yield propagation for analysis in the east-west direction (from H. Keypour, *Comprehensive Nonlinear Dynamic Analysis of Hagia Sophia*, Ph.D. Thesis, Bogaziçi University, Istanbul, 2001).

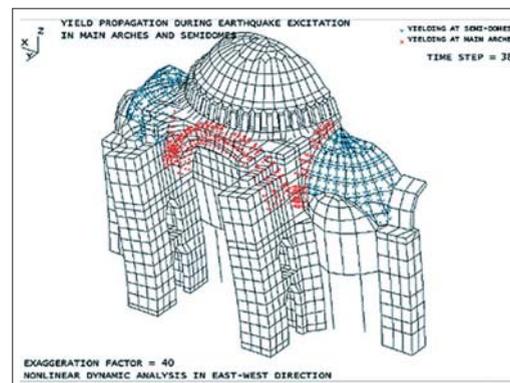
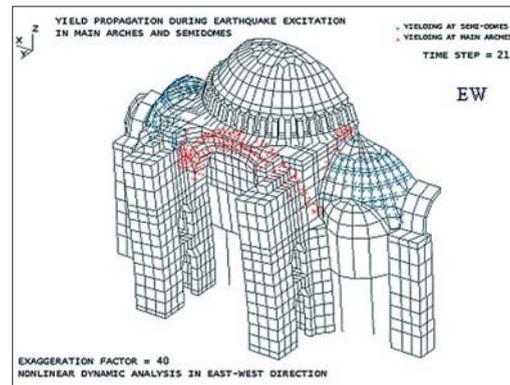
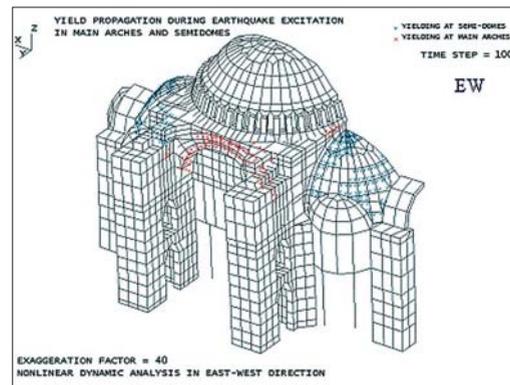
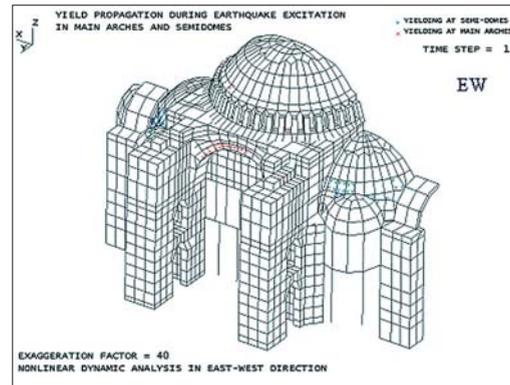
tenute le resistenze medie alla compressione dei vari materiali. Le analisi hanno anche riguardato studi chimici e mineralogici come pure microstrutturali e fisicochimici⁹. I moduli dinamici di elasticità sono dunque risultati 3,10 Gpa per i mattoni, 0,66 Gpa per la malta e 1,83 per il composito mattoni + malta¹⁰. Le analisi chimiche, inoltre, hanno classificato la malta di Hagia Sophia come pozzolanica. Le prove indicano che la resistenza a trazione della malta è compresa tra 0,5 e 1,2 MPa, valori compatibili con quelli delle odierne malte di questo tipo e sono di molte volte superiori alle malte di epoca medievale.

Valutazioni sulla struttura

Il nucleo strutturale di Hagia Sophia, dall'alto in basso, consiste di una cupola principale sostenuta da quattro arconi; due semicupole sui lati est e ovest ciascuna sorretta da due piedritti secondari e due esedre con il rispettivo sistema di colonne; quattro pilastri principali a sostegno degli arconi e quattro enormi contrafforti verticali sui lati nord e sud che raggiungono la quota d'imposta della cupola. Le dimensioni planimetriche di questo sistema sono all'incirca 32 per 80 m, mentre la cupola presenta un diametro di circa 31 m e una quota in chiave che raggiunge i 56 m da terra.

Al fine di comprendere le interazioni tra i differenti elementi strutturali e la causa delle deformazioni visibili nonché di spiegare i meccanismi di danneggiamento a causa dei terremoti passati, è stato realizzato un modello a elementi finiti. Un modello capace di simulare con successo o di spiegare questi aspetti sarà in grado di fornire uno straordinario strumento per la conoscenza del futuro comportamento dell'edificio in caso di terremoti severi o distruttivi. I dati metrici del modello sono stati desunti dai citati studi di Van Nice e Mainstone. Nelle elaborazioni i materiali edilizi a doppia fase (mattoni + malta) sono stati considerati a fase singola.

Il modello numerico lineare è stato calibrato in funzione delle effettive proprietà dinamiche dei materiali (risposte misurate durante le prove di vibrazioni ambientali e i sismi di bassa intensità) così da fornire stime attendibili delle caratteristiche dinamiche generali, compre-



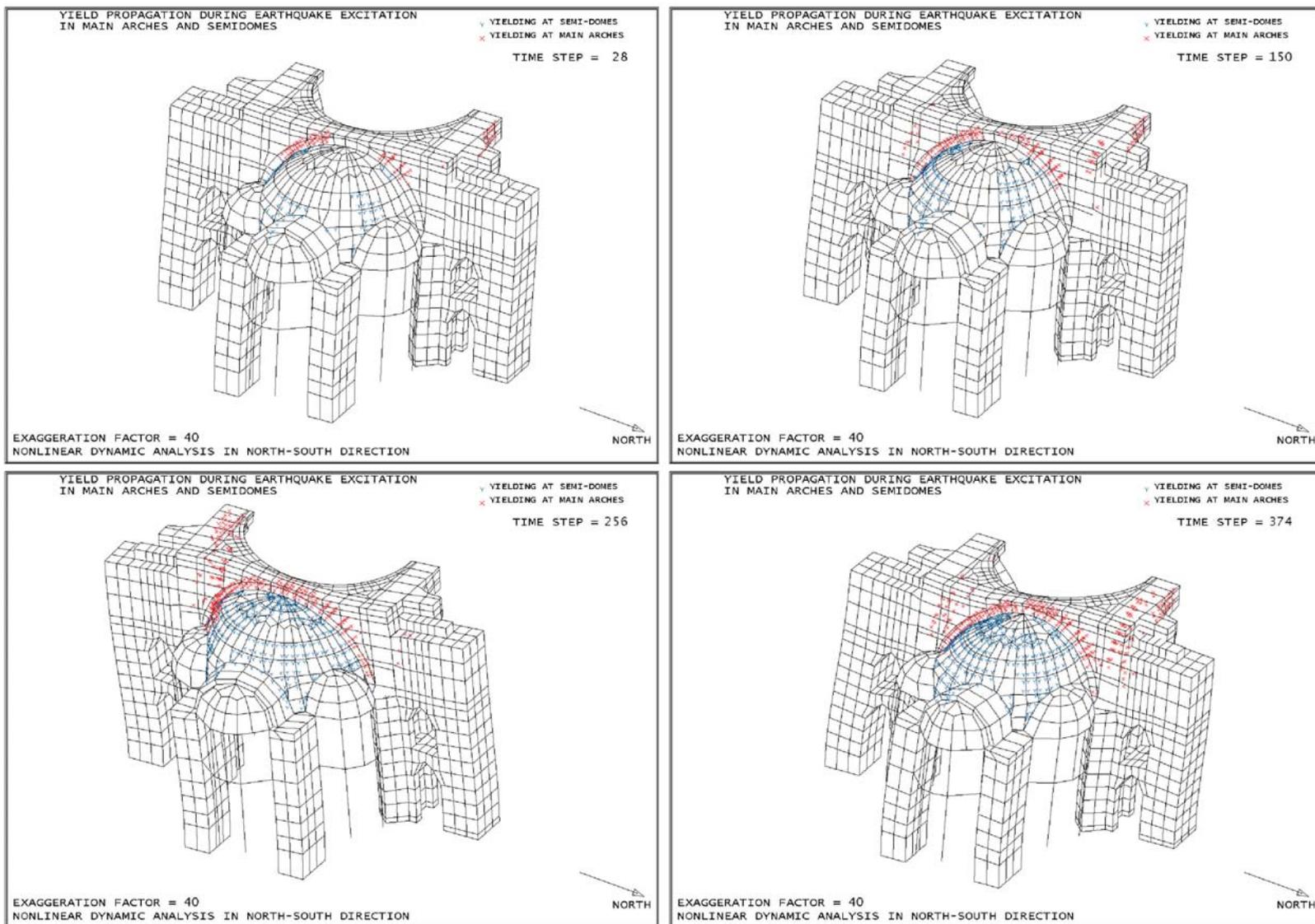
water to yield cementitious phases. Pozzolonic lime mortars have much higher tensile strengths than pure lime ones. The tests indicate that the mortar tensile strengths are about 0.5-1.2 MPa which is in the range of tensile strengths of modern lime mortars and are several times greater than medieval ones (Cakmak et.al, 1995).

Structural Assessments

Hagia Sophia's structural core consists, from top to ground, of a main dome supported by four main arches; two semidomes on east and west sides supported by two secondary piers and two exedrae domes each with their own colonnade system; four main piers supporting the four main arches and four huge buttress piers on the north and south sides rising up to the dome base level. The plan dimensions of this system are about 32 m by 80 m while the main dome has a 31 m diameter rising up to 56 m above ground level. A finite element model of Hagia Sophia has then been created to understand interactions involving different structural elements and the cause of visible deformations as well as to explain the failure modes during or after past earthquakes. A model which can successfully simulate or explain these should also provide tremendous insight into the future behaviour of the building in case of a violent earthquake. The dimensions of this model are based on Van Nice and Mainstone studies. In the analysis the two-phase construction materials of Hagia Sophia (brick+mortar) are assumed as single-phased.

The linear numerical model is calibrated for effective dynamic material properties (measured response during ambient vibration testing and low-intensity earthquake) so to provide reasonable estimates of general dynamic characteristics, including frequency and primary modes of response. The model is then studied in terms of time-domain response for selected locations and of stress analysis. Also scenario earthquakes for $M=5$ and $M=7$ were synthesized and applied as input to the model to evaluate stress levels throughout the structure. As for the time domain response characteristics we have succeeded in simulating the horizontal response levels obtained from earthquake recordings. During a $M=7$ event,

10/ Hagia Sophia, analisi dinamica non lineare per eccitazioni transienti, propagazione delle plasticizzazioni in direzione nord-sud (da Keypour, *op. cit.*).
Hagia Sophia, nonlinear transient dynamic analysis, yield propagation for analysis in the north-south direction (from Keypour, op. cit.).



si le frequenze e i modi principali di risposta. Il modello è stato pertanto studiato in termini di risposta nel dominio del tempo di alcuni punti selezionati e in termini di analisi degli sforzi. Fra le eccitazioni considerate sono alcuni segnali generati, compatibili con terremoti di scenario di magnitudo 5 e 7. Per quanto riguarda le risposte nel dominio del tempo, abbiamo con successo simulato i livelli di risposta orizzontale ottenuti dalle registrazioni sismiche. In ogni caso, durante un evento di magnitudo 7 sono da attendersi concentrazioni di sforzi alla sommità degli arconi e delle semicupole.

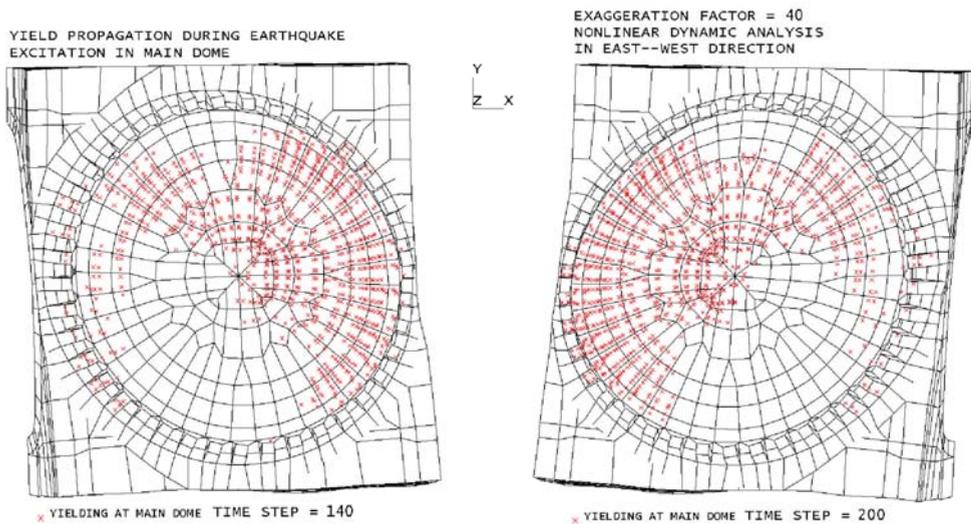
La modellazione strutturale non-lineare di Hagia Sophia è stata invece effettuata per studiare i meccanismi di collasso della struttura, nel caso di un terremoto distruttivo, e per poter generare simulazioni più realistiche delle risposte a terremoti precedentemente registrate. Per sollecitazioni agenti in direzione est-ovest, la propagazione delle deformazioni non lineari e dei possibili meccanismi di plasticizzazione è presentata in figura 9, mediante 4 fotogrammi riferiti ad altrettante fasi consecutive. La figura 10 mostra invece la propagazione della plasticizzazione in direzione nord-sud. Le sezioni della cupola soggette a

however, some stress concentrations should be expected at the top of main arches and semi domes.

The non-linear structural modelling of Hagia Sophia has been conducted to predict the collapse mechanism of the structure during a big earthquake and to simulate the earthquake records obtained on the structure in a more realistic way.

The study encompassed development of appropriate constitutive models and a comprehensive 3-D transient non-linear analysis of the structure. The yield propagation is presented in figure 9 for an excitation in the

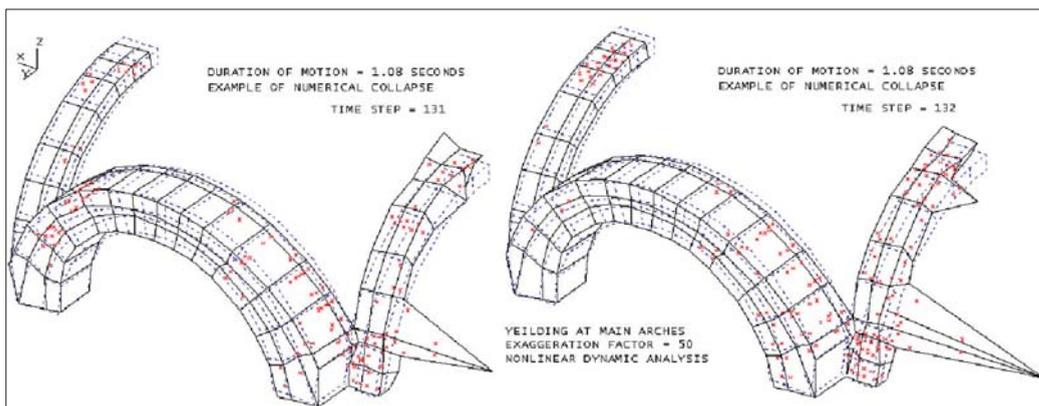
11/ Plasticizzazioni in corrispondenza della cupola di Hagia Sophia (da Keypour, *op. cit.*).
Yielding at the Hagia Sophia main-dome (from Keypour, op. cit.).
 12/ Modello numerico di collasso per l'arcone est di Hagia Sophia (da Keypour, *op. cit.*).
Numerical collapse of the east main arch of Hagia Sophia (from Keypour, op. cit.).



plasticizzazione possono essere esaminate nella figura 11. Come è evidente gli sforzi si sono concentrati proprio in corrispondenza delle parti della cupola che hanno subito crolli parziali storicamente documentati. Le notizie storiche esistenti a questo riguardo, come pure le zone di concentrazione degli sforzi desunte dall'analisi lineare, la propagazione delle plasticizzazioni e gli scenari di collasso derivati dalle analisi numeriche, dinamiche non-lineari, per eccitazioni transienti (fig. 12) indicano gli arconi est e ovest e le porzioni adiacenti della cupola e delle corrispondenti semicupole come gli elementi strutturali più vulnerabili di Hagia Sophia. Una possibile contromisura nei confronti di questo scenario è presentata in figura 13, nella quale si propone di collegare, con opportuni ancoraggi, i vari elementi strutturali riducendone le differenze di rigidità, alla base delle debo-

lezze riscontrate, assicurando così un comportamento dinamico uniforme delle semicupole e degli arconi est e ovest. Al momento sappiamo che per il terremoto atteso a Istanbul, in Hagia Sophia si potrebbero raggiungere pericolosi livelli di sforzo; conosciamo inoltre sia il probabile comportamento della struttura che i possibili modi di danneggiamento. Un'azione interdisciplinare¹¹ coordinata è pertanto assolutamente necessaria per consegnare integra Hagia Sophia alle prossime generazioni.

□ Eser Durukal – Kandilli Observatory and Earthquake Research Institute, Department of Earthquake Engineering, Bogaziçi University, Istanbul, Turkey
 □ Mustafa Erdik – Kandilli Observatory and Earthquake Research Institute, Department of Earthquake Engineering, Bogaziçi University, Istanbul, Turkey



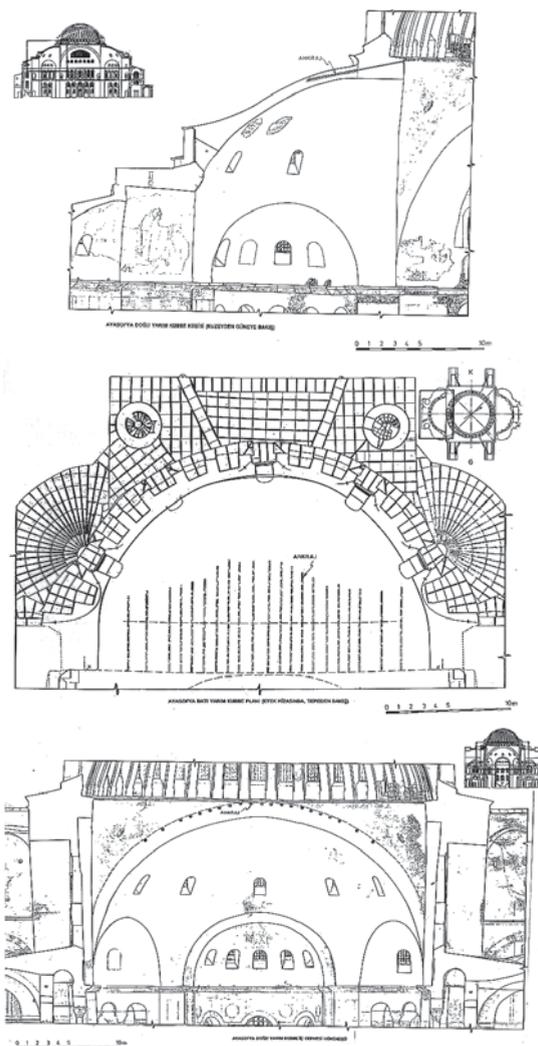
EW direction using four slides representing consequent time steps. Figure 10 shows instead the yield propagation in the NS direction. The yielding sections of the main dome can be seen in figure 11. Yielding concentrated at those locations where historical partial collapses of the dome took place.

Existing information concerning historical partial collapses, as well as locations for stress concentrations from linear analysis, yield propagation and numerical collapse scenarios from the non-linear transient dynamic analysis, (fig. 12) hint the eastern and western main arches and adjacent portions of the main and corresponding semi domes as the most vulnerable structural elements of Hagia Sophia. One possible action against this scenario is presented in fig. 13, where establishing links by means of suitable anchorages is proposed to provide means against different rigidities of structural elements at these junctions, which is seen as the reason of this weakness and thus to ensure uniform dynamic behavior of semi-domes and the eastern and western main arches. At present we know that in a major earthquake, likely to occur in Istanbul, damaging stress levels can be reached in Hagia Sophia. The probable behaviour of the structure during an earthquake and the possible modalities of damage are also known. Therefore a concerted interdisciplinary action^{xii} is definitely needed to carry the structure over to the next generations in an intact form. To determine the strengthening to be implemented to avoid damage in future major earthquakes it is planned to interact with restorers and to convene an international group of experts to evaluate the best strengthening interventions.

1. E. Durukal, S. Cimilli and M. Erdik, Dynamic response of two historical monuments in Istanbul deduced from the recordings of Kocaeli and Düzce earthquakes, "Bulletin of Seismological Society of America", 1993 (2), p. 694-712.

2. Sulemanye Mosque is one of the most important ones in Istanbul. Built in the XVI century, it's very similar as for shape and dimensions to Hagia Sophia. La Moschea di è una delle più importanti di Istanbul: simile per forma e dimensioni a Hagia Sophia, è stata costruita nel XVI secolo.

13/ Una proposta di consolidamento per Hagia Sophia.
Hagia Sophia, a proposal for strengthening.



1. E. Durukal, S. Cimilli and M. Erdik, *Dynamic response of two historical monuments in Istanbul deduced from the recordings of Kocaeli and Düzce earthquakes*, «Bulletin of Seismological Society of America», 1993 (2), pp. 694-712.

2. La Moschea di Sulemanye è una delle più importanti di Istanbul: simile per forma e dimensioni a Hagia Sophia, è stata costruita nel XVI secolo.

3. Questo materiale sembra possedere la capacità di smorzare le vibrazioni e migliora davvero la capacità di resistenza sismica dell'edificio (A.S. Cakmak, personal communication, Princeton University, 1995).

4. C. Gürbüz, M. Deal, J. Bouwer, T. Bekler, A.S. Çakmak and M. Erdik, *Technical Report on the Seismic Refraction Studies in Hagia Sophia* (in turkish), Bogaziçi University, Kandilli Observatory and Earthquake Research Institute, 1993.

5. W. Emerson and R.L. Van Nice, *Hagia Sophia, Istanbul: Preliminary report of a recent examination of the structure*, «American Journal of Archeology», 47, 1943, pp. 403-430.

6. W. Emerson and R.L. Van Nice, *op. cit.*

7. O. Gürkan, S. Çamlidere and M. Erdik, *Photogrammetric Studies of the Dome of Hagia Sophia in Hagia Sophia from the Age of Justinian to the Present*, ed. R. Mark and A.S. Cakmak, Cambridge University Press, 1992.

8. Recenti studi condotti con attrezzature georadar dal Dott. Özdoğan Yılmaz nel 2002 sul pavimento di Hagia Sophia, hanno rivelato la presenza di un tempio e di condotte di drenaggio sotto l'edificio esistente. I risultati delle indagini verranno pubblicati tra breve.

9. Questi studi sono stati condotti da Yüzügüllü et al. (O. Yüzügüllü, E. Durukal and K. Beyen, *Assessment of mortar and brick properties of Hagia Sophia by non-destructive testing techniques*, Internal report, Earthquake Engineering Department, Bogaziçi University, 1995.) e da Çakmak et al. (A.S. Cakmak, A. Moropoulou and C.L. Mullen, *Interdisciplinary study of dynamic behavior and earthquake response of Hagia Sophia*, «Soil Dynamics and Earthquake Engineering», 14, 1995, pp. 125-133).

10. Le prove hanno riguardato materiali tratti da diverse sedi, tra cui uno dei costoloni della cupola e gli archi ovest e nord.

11. Al fine di determinare gli interventi di rinforzo strutturale e messa in sicurezza più adatti per evitare i danni di un futuro sisma di grandi proporzioni, si sta lavorando alla costituzione di un gruppo internazionale di esperti in cui lavoreranno assieme studiosi delle varie discipline coinvolte.

3. *This material seems to have the ability of emitting vibrations and indeed improves the earthquake performance of the building* (A.S. Cakmak, personal communication, Princeton University, 1995).

4. C. Gürbüz, M. Deal, J. Bouwer, T. Bekler, A.S. Çakmak and M. Erdik, *Technical Report on the Seismic Refraction Studies in Hagia Sophia* (in turkish), Bogaziçi University, Kandilli Observatory and Earthquake Research Institute, 1993.

5. W. Emerson and R.L. Van Nice, *Hagia Sophia, Istanbul: Preliminary report of a recent examination of the structure*, «American Journal of Archeology», 47, 1943, p. 403-430

6. W. Emerson and R.L. Van Nice, *op. cit.*

7. O. Gürkan, S. Çamlidere and M. Erdik, *Photogrammetric Studies of the Dome of Hagia Sophia in Hagia Sophia from the Age of Justinian to the Present*, ed. R. Mark and A.S. Cakmak, Cambridge University Press, 1992.

8. *Recent Georadar studies conducted by Dr. Özdoğan Yılmaz in 2002 on the floor of Hagia Sophia revealed the existence of the temple and the drainage pipes underneath the existing monument. The results will be shortly published.*

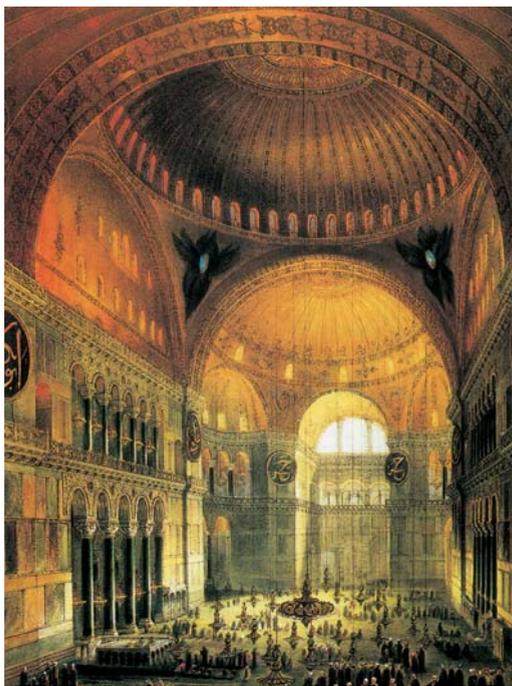
9. See O. Yüzügüllü, E. Durukal and K. Beyen, *Assessment of mortar and brick properties of Hagia Sophia by non-destructive testing techniques*, *Internal report, Earthquake Engineering Department, Bogaziçi University, 1995* and A.S. Çakmak, A. Moropoulou and C.L. Mullen, *Interdisciplinary study of dynamic behavior and earthquake response of Hagia Sophia*, «Soil Dynamics and Earthquake Engineering», 14, 1995, p. 125-133.

10. *Tests concerned materials from different locations, including a main dome rib, the west arch and the north arch.*

11. *In order to determine the most suitable structural and protection interventions to prevent major future earthquakes damages, an international and interdisciplinary experts' board is going to be constituted.*

Carlo Bianchini, Priscilla Paolini

Rilievo per il restauro e la messa in sicurezza di Hagia Sophia a Istanbul: prime sperimentazioni



«O Salomone così ti ho superato!». Questa la frase che, secondo la tradizione, l'Imperatore Giustiniano ebbe a esclamare il 27 dicembre 537, giorno dell'inaugurazione di Hagia Sophia, ad appena 5 anni, 10 mesi e 4 giorni dall'inizio della sua costruzione. Capolavoro dell'architettura bizantina, la chiesa di Hagia Sophia, che ha avuto per artefici oltre all'Imperatore Giustiniano, Antemio di Tralles e Isidoro di Mileto, è universalmente nota soprattutto per l'enorme cupola (circa 30 metri di diametro) che sovrasta lo spazio centrale e che, in virtù delle quaranta finestre collocate all'imposta, «non sembra poggiare su solida muratura, ma sembra coprire lo spazio con la sua cupola dorata sospesa dal cielo»¹ (fig. 1). Come spesso accade, tuttavia, l'elemento più formidabile, la cupola appunto, fulcro di qualunque descrizione o analisi di Hagia Sophia, si è rivelato nel tempo anche il suo «tallone d'Achille» più sensibile, come testimoniano i numerosi crolli e dissesti che nel corso della sua lunghissima vita tale membratura ha dovuto sopportare².

A quasi quindici secoli di distanza la situazione non è molto cambiata: a tutt'oggi, infatti, rimangono ancora aperti non solo tutti i problemi connessi con la stabilità dell'edificio e in

particolare della sua cupola, ma addirittura quelli per così dire *preliminari* rispetto a essi, non esistendo ancora né un rilievo completo e affidabile dell'organismo né tanto meno uno studio sistematico in grado di chiarire la forma, la consistenza e la tecnologia con cui i vari elementi costruttivi sono stati realizzati³. Anche la storia di questi ultimi decenni ricalca purtroppo questo copione, tanto che i progressi registrati nella direzione di una soluzione globale del problema «Hagia Sophia» si sono rivelati piuttosto modesti a dispetto dell'urgenza di giungere rapidamente alla messa in sicurezza dell'intero complesso che, vale la pena ricordarlo, si trova in una zona a elevatissima sismicità⁴.

A fronte di questa situazione di oggettiva difficoltà, e che da ormai circa dieci anni è sostanzialmente immutata, si sono tuttavia registrate condizioni inaspettatamente favorevoli alla costituzione di un'inedita *partnership* italo-turca (e che hanno consentito lo svolgimento della missione del luglio 2003 i cui risultati qui di seguito illustreremo) favorite dal contesto scientifico e culturale comunemente maturato nell'ambito del progetto *Unimed Cultural Heritage 2* (UCH2) finanziato dalla Unione Europea e di cui l'Unimed (Unione delle Università del Mediterraneo) è capofila⁵ essendo nel contempo il nostro Dipartimento RADAAR investito della responsabilità scientifica.

È opportuno a questo punto descrivere brevemente la natura e lo scopo del progetto UCH2, i cui obiettivi fondamentali possono essere così sintetizzati:

- coagulare le competenze scientifiche e professionali nel vasto settore della tutela e valorizzazione del patrimonio culturale attualmente distribuite in modo disomogeneo nell'area euro-mediterranea promuovendo l'interazione e l'integrazione delle persone che fisicamente rappresentano tali competenze sul terreno della concreta risoluzione di problemi ben delineati;
- garantire un indirizzo scientifico aggiornato e di elevato livello in tutte le fasi caratteristiche della gestione e valorizzazione del *bene culturale* fornendo anche supporti tecnico-operativi;
- raccogliere, filtrare, selezionare esempi cam-

The survey for the restoration and the earthquake protection of Hagia Sophia in Istanbul: initial experimentation

“O Salomon, thus have I prevailed over you!” According to tradition, this is the phrase pronounced by Emperor Justinian on December 27, 537 at the inauguration of Hagia Sophia, just 5 years, 10 months and 4 days after the first stone was laid. Emperor Justinian is not the only instigator of this Byzantine masterpiece. Anthemius of Tralles and Isidorus of Mileto were also involved in the building of the church of Hagia Sophia, universally renowned primarily for its enormous dome (30 m in diameter) over the central space and which, thanks to the forty windows at the springing posts, “doesn't seem to rest on solid masonry, but to cover the space with its golden dome hanging from the sky”¹ (fig. 1).

As often happens, however, the most formidable element, the dome, the focus of any description or analysis of Hagia Sophia, often turns into a fragile “Achilles' tendon.” This is borne out by the many collapses and deformations that have affected the structure in the course of its long history.² After almost fifteen centuries the situation is still very much the same. In fact, the same problems affecting the building's stability, especially the dome, but even the so-to-speak previous ones, still exist today. This depends on the fact that there is no complete and reliable survey of the structure, much less a systematic study to establish the shape and consistency of the building materials and technology used to develop them.³ In the last few decades this script hasn't changed much. So much so, that progress towards a global solution to the “Hagia Sophia” problem has been scanty compared with the need to rapidly protect the whole complex which, it is worth remembering, is located in a high-risk seismic zone.⁴

This objectively difficult situation has remained substantially unaltered for the last ten years. Unexpectedly, however, favourable conditions led to the creation of an unusual Italian-Turkish partnership (the July 2003 expedition is part of this partnership programme and the object of this article) that developed in the

1/ *Pagina precedente.* Istanbul, Hagia Sophia, veduta dell'interno, Collezione Fossati, XIX secolo. Previous page. *Istanbul, Hagia Sophia, interior, Fossati Collection, c. XIX.*

2/ Istanbul, Hagia Sophia, capitello della parete sinistra: foto con indicazione dei punti di appoggio misurati con la stazione totale Zeiss Rec-Elta 15 e scansione effettuata con passo 2 mm. *Istanbul, Hagia Sophia, left wall capital: photo indicating the supporting points measured with the total station Zeiss Rec-Elta 15 and scanning carried out with a 2 mm pitch.*

pione di interventi particolarmente significativi nel settore dei beni culturali rendendo quindi disponibili in rete le relative informazioni mediante la realizzazione di un portale dedicato;

- mettere a punto procedure e protocolli per la comunicazione a distanza, la trasmissione di volumi anche notevoli di dati; strutturare software interattivi di interrogazione di *data base*;

- sperimentare, in accordo con gli indirizzi tecnico-scientifici strategici, nuovi approcci finalizzati alla conoscenza, documentazione, restauro, gestione, valorizzazione dei beni culturali;

- promuovere attività di formazione finalizzate alla preparazione di esperti in grado a loro volta di fungere da formatori nei rispettivi paesi di origine.

Tra i pilastri fondamentali di questo approccio inedito, almeno per il bacino del Mediterraneo, troviamo: lo sviluppo e l'applicazione di nuove modalità di gestione e consultazione dei dati relativi a ciascun oggetto di studio, in particolare riconvertendo *ad hoc* i protocolli attualmente utilizzati nel settore dei *video games* per ciò che attiene all'esplorazione e interazione *real time* via internet di spazi virtuali 3D integrati da data base di varia natura; la realizzazione di un portale sui beni culturali euro-mediterranei che funga da contenitore della varietà di dati raccolti ed elaborati prima, durante e dopo il progetto UCH2 utilizzabile sia a fini di «deposito» che di «estrazione»; l'applicazione, infine, delle tecnologie più innovative nel campo della conservazione dei beni culturali a casi concreti suscettibili di tradursi successivamente in *buone prassi*.

Un quarto elemento, al di là di tutto, ha tuttavia concorso in maniera decisiva al buon esito di questo primo importante passo nel quadro della salvaguardia di Hagia Sophia: il clima di reciproca fiducia che si è venuto a creare negli ultimi due anni tra partner italiani e turchi⁶ proprio lavorando assieme pariteticamente al progetto UCH2 e che ha consentito in pochi giorni di intenso lavoro di immagazzinare una mole di dati tale da fornire risposte già piuttosto accurate sulla forma geometrica e sulle deformazioni dell'intradosso della cupola e delle strutture che la sostengono.

La navata e la cupola di Hagia Sophia: dal rilievo al modello

All'interno del quadro fin qui delineato, abbiamo pianificato l'insieme delle attività da sviluppare nel tempo ristretto delle quattro giornate a nostra disposizione. Si è per prima cosa deciso di portare avanti parallelamente tanto la scansione 3D mediante lo scanner laser Cyrax 2500 che la campagna topografica di appoggio necessaria per determinare la posizione dei punti utili all'orientamento assoluto del modello complessivo così come all'orientamento di ogni singola scansione (accorgimento quest'ultimo volto a minimizzare quanto più possibile i rischi di incongruenza tra i vari insiemi di dati).

Contestualmente alla scansione 3D dell'interno di Hagia Sophia, con la stazione totale Zeiss Rec-Elta 15 sono stati rilevati circa 130 punti ricadenti nelle zone di sovrapposizione e di margine di ciascuna scansione (fig. 2). La stazione Zeiss, dotata di distanziometro laser e per questo in grado di effettuare misure anche in assenza di prisma riflettente, si è rivelata la più idonea in relazione alla ristrettezza

framework of the common cultural and scientific work carried out in the Unimed Cultural Heritage 2 (UCH2) project financed by the European Union. Unimed (Union of Mediterranean Universities) is the project leader,⁵ while the Italian RADAAR department is responsible for the scientific work.

It is important to briefly outline the nature and scope of the UCH2 project. Its main aims are:

- *to unite the scientists and professionals operating in the field of the conservation and exploitation of the cultural heritage currently scattered haphazardly in the Euro-Mediterranean area by promoting interaction and integration between these practitioners in order to come up with concrete solutions to specific problems;*

- *to guarantee an up-to-date, high-level scientific profile to all the characteristic stages of management and exploitation of cultural assets by providing technical and operative support;*

- *to collect, filter and select examples of particularly important work in this field and to make this information electronically available by creating a dedicated website;*

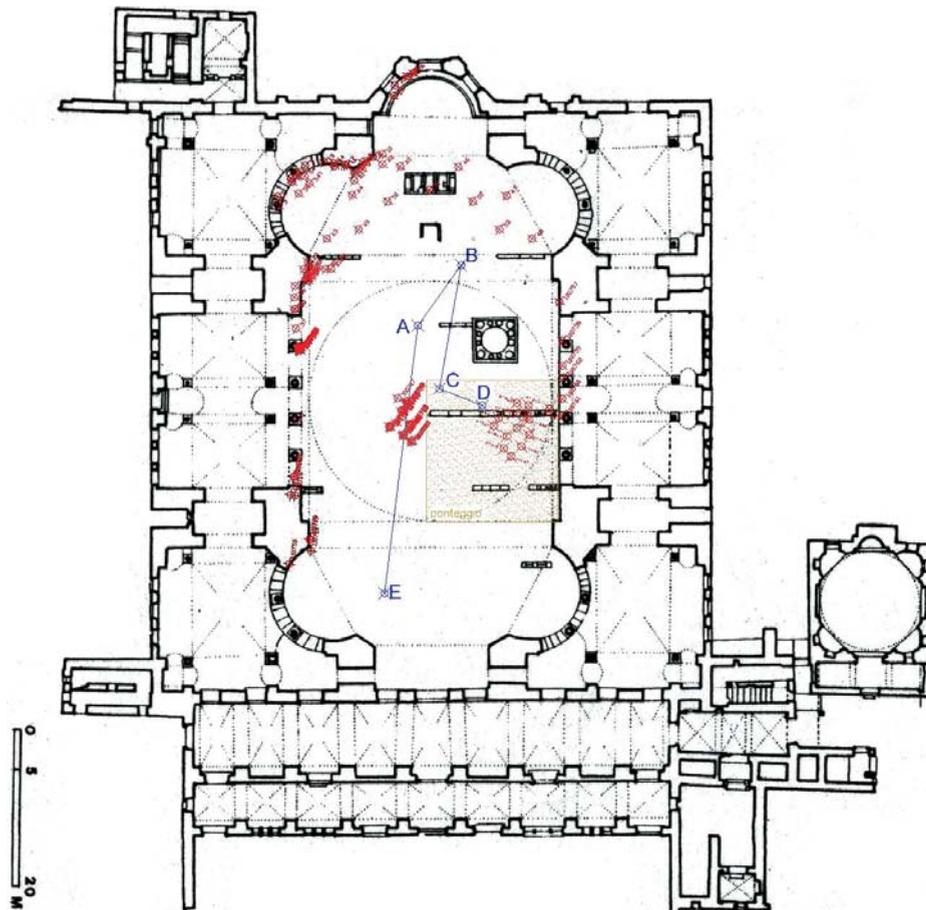
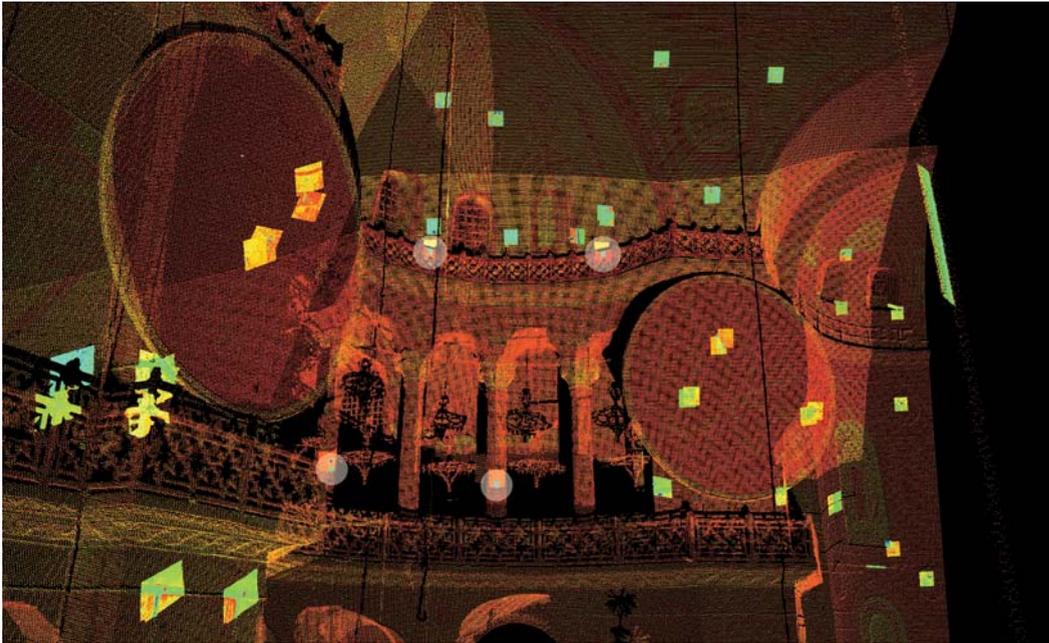


3/ Istanbul, Hagia Sophia, scansione 3D dell'edera sinistra: le zone di colore più intenso indicano le scansioni di dettaglio utilizzate per l'aggancio delle nuvole parziali e per l'orientamento del modello complessivo. In bianco sono evidenziati i target Cyra.

Istanbul, Hagia Sophia, 3D scanning of the left exedra: the darker areas indicate the detailed scans used to record the partial clouds and to direct the overall model. The Cyra targets are marked in white.

4/ Istanbul, Hagia Sophia, pianta con indicazione della poligonale (in blu) e dei punti di dettaglio (in rosso) rilevati con la stazione totale Zeiss Rec-Elta 15.

Istanbul, Hagia Sophia, plan indicating the polygonal line (in blue) and the detail points (in red) surveyed with the Zeiss Rec-Elta 15 total station.



– to draft procedures and protocols for long distance communications, the transmission of enormous amounts of data and to structure interactive software allowing database consultation;

– to experiment new approaches, in accordance with established strategic technical and scientific goals, aimed at understanding, documenting, restoring, managing and exploiting these cultural assets;

– to promote educational activities to train experts who in turn would be able to train others in their native countries.

One of the main pillars of this unusual approach, at least in the Mediterranean basin, is the development and application of new data management and consultation methods to each study field. In particular, the reconversion of ad hoc protocols currently used in video games in order to explore and interact – in real time, via internet – virtual 3D spaces to which have been added various types of databases; the creation of a website on Euro-Mediterranean cultural assets which could contain all the different data collected and processed before, during and after the UCH2 project as either ‘incoming’ or ‘outgoing’ data; finally, the application of the most innovative technologies in the field of cultural assets conservation to practical cases, later to become the basis of ‘best practices.’

A fourth, more general aspect has, however, been decisive in making a success of this first step towards the conservation of Hagia Sophia: the atmosphere of reciprocal trust established over the past two years between the Italian and Turkish partners.⁶ This trust was born during the work jointly carried out for the UCH2 project. In a few intense days of work, an enormous amount of data was collected and stored. This data has already afforded quite accurate answers on the geometric shape and deformations of the inner dome surface and its supporting structures.

The nave and dome of Hagia Sophia: from the survey to the model

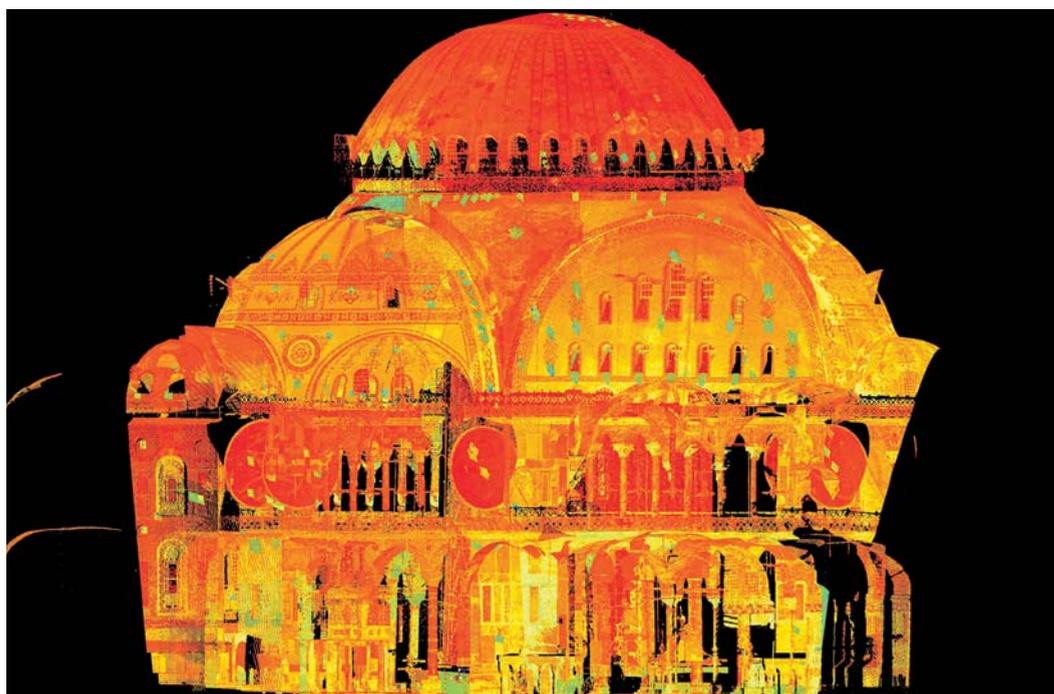
In the framework of the work illustrated here, we planned our overall activities during the short, four day period we were given. We immediately decided to work concurrently on the 3D scanning, using a laser Cyrax 2500

5/ Istanbul, Hagia Sophia,
la nuvola di punti generata dalla scansione 3D.
*Istanbul, Hagia Sophia, the points cloud created
by the 3D scanning.*

dei tempi e al numero di punti da rilevare. Ancora una volta, al fine di minimizzare i rischi di perdita di dati o di acquisizioni errate o inutilizzabili, si è preliminarmente proceduto alla doppia misurazione (tramite distanziometro e per intersezione in avanti) di alcuni punti particolarmente affidabili, identificati con i target Cyra (apposite marche altamente riflettenti fornite con lo scanner laser, fig. 3) posizionati a varie quote nella zona lobata a sinistra dell'abside che ospita il trono del Sultano. I punti misurati, completi di monografie e foto digitali, immediatamente elaborati sul posto per verifica, hanno indicato una sostanziale concordanza dei risultati e quindi condotto nelle successive fasi all'utilizzo della meno laboriosa procedura senza specchio. L'intero sviluppo dell'inquadramento topografico (fig. 4) si è pertanto in buona sostanza basato sulla costruzione di una poligonale aperta (il ponteggio ne ha di fatto impedito la richiusura), i vertici della quale hanno assunto la funzione di poli per la misurazione dei vari punti di dettaglio: per ciascuno di questi ultimi sono quindi state rilevate le relative coordinate polari (distanza dal polo-stazione, angolo azimutale e zenitale); i medesimi parametri, trasferiti dal libretto di campagna a

un foglio elettronico, sono stati successivamente elaborati automaticamente ottenendo una rappresentazione tridimensionale al CAD. Particolarmente oneroso è risultato, infine, il rilevamento di alcuni punti sulla porzione di cupola coperta dal ponteggio⁷: tale operazione, resasi necessaria per orientare le scansioni ravvicinate effettuate dalla sommità dell'impalcatura, ha infatti comportato il posizionamento dello strumento sulle pedane a circa 50 metri da terra e la sua referenziazione rispetto alla poligonale principale posta a circa 1,50 metri dal pavimento. Contemporaneamente alla campagna topografica e fotografica è stata condotta la scansione tridimensionale dell'interno della navata centrale e dell'intradosso della cupola di Hagia Sophia (fig. 5); l'operazione si è concentrata sulla massa cubica centrale di cui i quattro pilastri e la sovrastante struttura voltata costituiscono l'insieme simbolo del monumento, distinguibile sia all'esterno che all'interno per la sua predominanza volumetrica. Per la realizzazione del modello numerico tridimensionale si è fatto uso dello scanner laser 3D Cyrax 2500, che con le sue caratteristiche di accuratezza (6mm a 50 m) e versatilità di applicazione (impiego flessibile da 100

scanner, and on the topographic campaign necessary to determine the position of the points needed for the absolute positioning of the overall model as well as each single scan (this was to reduce, as far as possible, the risk of incongruence between the various sets of data). While carrying out the 3D scanning inside Hagia Sophia, we used a Zeiss Rec-Elta 15 total station to survey 150 points in the overlapping and border areas of each scan (fig. 2). The Zeiss station had a laser distancemeter, making it possible to take measurements even without a reflecting prism. Adoption of this equipment was the best solution, given the short amount of time available and the number of points to be surveyed. Once again, to minimise the risk of losing data or obtaining useless or incorrect readings, we took advance measurements (either using the distancemeter or by advance intersection) of some particularly consistent points. These points were chosen with the Cyra target (special highly reflective marks supplied with the laser scanner, fig. 3) positioned at various levels in the lobated area to the left of the apse where the Sultan's throne is located. The measured points, complete with monographs and digital photos, were immediately processed and checked in situ and gave significantly similar results. This meant that later on we used the less laborious procedure without a mirror. The topographic framework (fig. 4) was largely based on the construction of an open polygonal line (the scaffolding effectively stopped closure), where the vertexes acted as poles for the measurement of the various detail points. We surveyed the polar coordinates (distance from the pole-station, zenithal and azimuthal angle) for each of these detail points. The same parameters, transferred from the field notes to an electronic sheet, were later automatically processed and a three-dimensional CAD representation was made. The survey of some points of the dome under the scaffolding⁷ was particularly difficult: this operation was necessary to refer the close range scans taken from the top of the scaffolding. It involved positioning the instrument on platforms approximately 50 m above ground level and its reference point compared to the main polygonal line located approximately 1.5 m above floor level.



6/ Istanbul, Hagia Sophia, vista dell'arcone est e della semicupola.

Istanbul, Hagia Sophia, the east main arch and the semidome.

fino a 1,5 m dall'oggetto) ha permesso di effettuare scansioni a densità millimetrica su porzioni dell'intradosso della cupola molto distanti dallo strumento, così come su altre a distanza molto ravvicinata. Sulla base di questi nuovi dati e sulla scorta di alcuni studi precedenti riguardanti la struttura, è stato possibile effettuare una verifica della conformazione attuale della cupola, mirando alla ricerca della sua vera forma e analizzandone singolarmente le varie porzioni oltre ai quattro elementi verticali di sostegno.

Il processo di analisi ha già avuto i primi esiti significativi: si è dapprima verificata la luce e la forma degli arconi a sostegno della cupola sui lati est e ovest (fig. 6), quindi si è misurata la dimensione e la reciproca distanza alla base dei pilastri di appoggio, come pure la loro verticalità. Per lo studio della cupola e delle sue deformazioni si sono costruite sezioni orizzontali e radiali in chiave passanti per le vele, sulle quali per la ricostruzione della forma attuale si sono sviluppate superfici NURBS utili anche per la determinazione del modello ideale della calotta completa (fig. 7); la ricerca fin qui svolta ha inoltre mirato allo studio della riflettanza delle superfici come

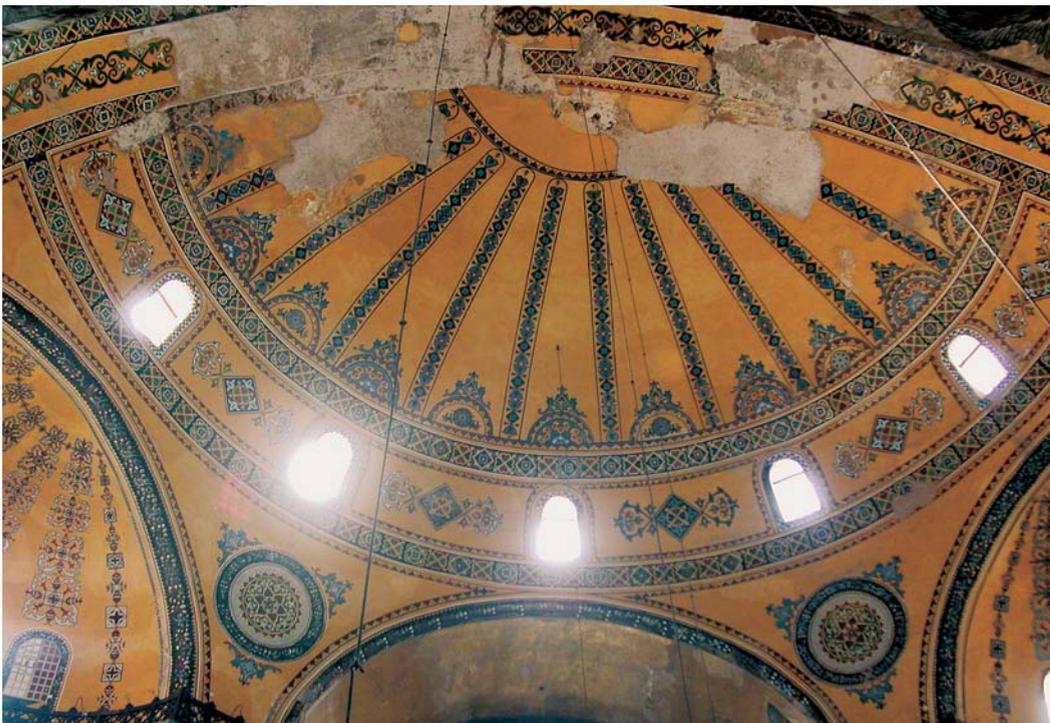
mezzo utile al riconoscimento delle alterazioni dei materiali e come base di riferimento per la successiva mappatura (corrispondenza tra colore del pixel e dato di riflettanza del materiale) di foto digitali ad alta risoluzione.

In fase di progettazione, il piano di ripresa con lo scanner laser sul corpo centrale di Hagia Sophia aveva lasciato prevedere, grazie ai 40 x 40 gradi del campo di vista del Cyrax 2500, una certa facilità nel comprendere in un'unica scansione l'intera superficie voltata (alta in chiave 55 metri circa), così da completare le prese sui quattro lati dell'elemento rettangolare su cui poggia la cupola con i suoi 40 costoloni e vele, effettuando solo pochi spostamenti del punto di stazione. La presenza sul posto di un'imponente impalcatura a uso di una *équipe* di restauratori, che occupava poco più di un quarto dello spazio sotto la cupola impedendone la vista completa, ci ha invece portato a modificare i nostri piani iniziali costringendoci a effettuare diversi spostamenti della stazione al fine di ottenere un rilievo completo.

Dall'allineamento dei modelli dei 17 punti di vista (*scanworlds*) dello scanner 3D, si è quindi potuto estrarre il modello volumetrico

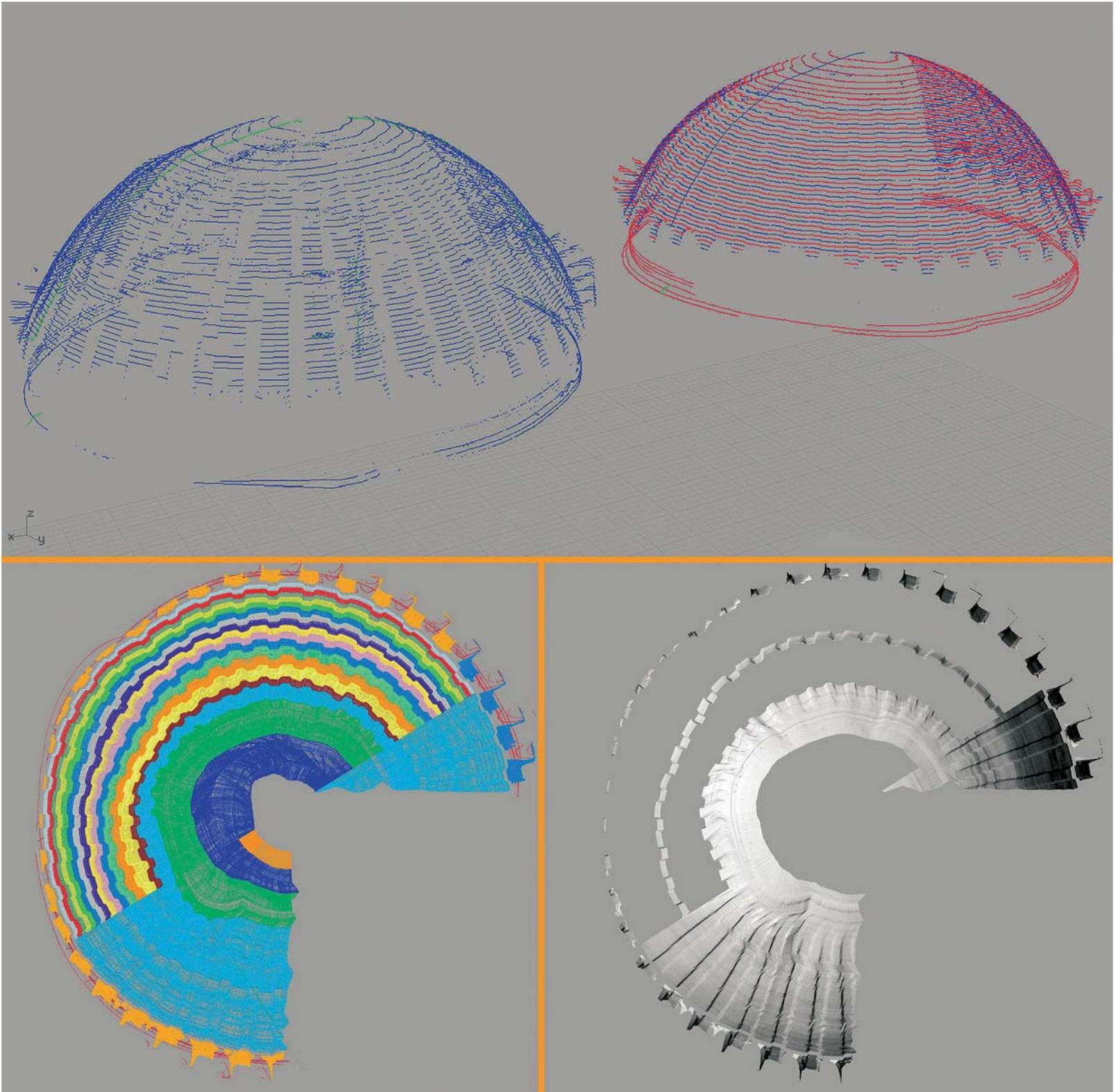
While the topographic and photographic campaign was underway, we also executed the three-dimensional scan of the inner central nave and the intrados of the dome of Hagia Sophia (fig. 5). The operation focused on the central cubic mass, its four piers and vaulted structure constituting the symbolic structure of the monument that can be seen both externally and internally due to its striking size. We used a 3D Cyrax 2500 laser scanner to create the three-dimensional numeric model. This instrument's precision (6 mm to 50 m) and its versatility (flexibility from 100 to 1.5 m from the object) allowed us to carry out millimetric scans on parts of the dome's intrados situated either at a great distance or very close to the scanner. Based on this new data and the results of earlier studies on the structure, it was possible to check the present shape of the dome. Our aim was to establish its true shape and analyse each part, as well as the four vertical support elements.

The study has already produced significant results. First of all, we checked the opening and size of the main east/west arches (fig. 6) supporting the dome. Then we measured the size, verticality and reciprocal distance at the base of the supporting piers. To study the dome and its deformations, we created horizontal sections and some radial ones through the crown and between the vaults on which NURBS surfaces were developed to reconstruct the present shape (fig. 7). These surfaces were also useful in the reconstruction of the ideal model of the entire roof. The study carried out so far also aimed at examining the reflectance of the surfaces as a useful way to identify changes in materials and as reference for later mappings (match between the pixel colour and the material's reflectance) of high resolution digital photos. During the preparatory phase, thanks to the 40 x 40 degree visual field of the Cyrax 2500, we thought that the plan to use the laser scanner on the central part of Hagia Sophia would have made it easy to execute a single scanning of the entire vaulted surface (approx. 55 m high at the crown) and complete the shots of the four sides of the rectangular element upon which the dome rests with its 40 ribs and vaults by moving the station point only slightly. The scaffolding used



7/ Istanbul, Hagia Sophia, costruzione e controllo del modello tridimensionale della cupola: le *polylines* prodotte dalle sezioni orizzontali (in alto) consentono di generare superfici NURBS per interpolazione. L'assegnazione di ogni singola superficie a un *layer* distinto consente inoltre il massimo controllo in ogni fase dell'elaborazione (in basso a sinistra ogni livello è contraddistinto da un colore diverso; nella vista renderizzata di destra, invece, sono attivate solo alcune porzioni della superficie totale).

Istanbul, Hagia Sophia, elaboration and control of the three-dimensional model of the dome: the polylines created by the horizontal sections (above) allow NURBS surfaces to be elaborated through interpolation. Each surface is assigned to a separate layer. This provides greatest control over every stage of the process (below left, every level is a different colour; instead, in the rendered right view only certain areas of the whole surface have been activated).



8/ Istanbul, Hagia Sophia, vista dell'arcone est e della struttura sovrastante.

Da notare l'evidente risarcimento in corrispondenza del pennacchio sferico.

Istanbul, Hagia Sophia, the east main arch and structure above. Note the visible damages at the spherical pendentive.

complessivo dell'insieme, espresso in forma di nuvola di punti e caratterizzato da una maglia con densità di un punto ogni 4 centimetri in orizzontale e verticale, all'interno della quale altre 423 scansioni di dettaglio (di dimensione 50 x 50 centimetri e densità di 250 x 250 punti in orizzontale e verticale) hanno rilevato gli elementi che, traggurati in contemporanea con lo strumento topografico, sono stati poi selezionati e trasformati in punti di aggancio per le operazioni di allineamento delle singole prese. Il modello numerico così ottenuto contiene 52 milioni di punti, refe-

renziati rispetto a un'unica terna assoluta la cui origine si è scelta coincidente con quella della stazione topografica A.

Messo a punto il modello complessivo, si è avviata la sua analisi 2D e 3D, effettuando verifiche mensorie e di allineamento sui quattro pilastri principali e sui due arconi che, posti a oriente e occidente lungo l'asse principale della navata, costituiscono, con la coppia di archi e sottarchi tamponati a nord e a sud, l'appoggio della cupola.

Si è dunque considerato il modello dei due piedritti e del rispettivo arco a ovest, separan-

by a team of restorers covering a little over a quarter of the space under the dome, did in fact stop us from having a complete picture.

This made us alter our initial plans, obliging us to move the station quite often in order to make a complete survey.

The alignment of the models of the 17 scanworlds of the 3D scanner produced the overall volumetric model, expressed as points clouds and characterised by a grid with a point every 4 horizontal and vertical centimetres. In this grid, another 423 detail scans (50 x 50 cm in size and with a density of 250 x 250 horizontal and vertical points) surveyed the elements that, sighted simultaneously with the topographic instrument, were then selected and transformed into tie points for the alignment of each shot. The numeric model contained 52 million points, referenced with respect to a single absolute system which we chose to coincide with the topographic station A. Once the overall model was developed, we analysed it in 2D and 3D. We checked the measurements and alignments of the four main piers and two main arches which, to the east and west of the nave's main axis, support the dome together with the paired arches and undersides of the arches buffered to the north and south.

We then examined the model of the two piers and the west arch, separating these three elements from the rest of the structure. By carrying out a percentage reduction of the points cloud later inserted in DXF format in a NURBS modelling programme, it was possible to obtain two circle arcs from the average of 10 circles drawn by selecting two points at the springing points and one at the crown. These two circle arcs give a better description of the conical shape of the arch. Later on, the best-fitting geometry of these two arcs was reconstructed, as was the geometry of the main arch and the east piers (fig. 8).

Later on, the entire structural section was considered, comprising the two east and west main arches and piers (fig. 9). The points cloud once again underwent a percentage reduction and was directly transferred in Autocad thanks to the Cloudworx programme.⁸ This allowed us to precisely quantify the considerable differences which,



9/ Istanbul, Hagia Sophia, gli elementi strutturali che sostengono la cupola: sezione e profilo degli arconi e dei muri di tamponamento lungo l'asse nord-sud.
Istanbul, Hagia Sophia, the structural elements supporting the dome: section and elevation of the main arches and the buttress walls along the NS axis.



do questi tre elementi dal resto della struttura; effettuata una riduzione percentuale della nuvola di punti esportata poi in formato DXF all'interno di un programma di modellazione NURBS è stato possibile, dalla media dei 10 cerchi disegnati selezionando due punti all'imposta e uno in chiave, ricavare i due archi di cerchio che meglio descrivono la forma dell'arco all'intradosso permettendo, infine, di ricostruire la geometria della superficie conica a cui essi appartengono; lo stesso si è fatto per l'arcone e i rispettivi piedritti a est (fig. 8). Successivamente si è considerata l'intera sezione strutturale, quella composta cioè dall'insieme dei due arconi est e ovest e dei rispettivi piedritti (fig. 9): la nuvola di punti sottoposta ancora una volta a una decimazione percentuale e importata direttamente in Autocad grazie al programma Cloudworx⁸ ha consentito di quantificare con precisione le notevoli differenze che, anche visivamente, caratterizzano il sistema costruttivo principale, riportando d'altra parte all'attenzione ciò che Salvadori⁹ a suo tempo aveva già ipotizzato a proposito della costruzione di Hagia Sophia ovvero che Antemio avesse posto due squadre differenti a realizzare le due parti a est e a ovest dell'edificio, con l'obiettivo di crea-

re una competizione che velocizzasse l'andamento del cantiere.

La cupola è l'elemento che evidentemente ha subito nei secoli le maggiori modifiche e rifacimenti; rivestita all'interno da un mosaico a tesserine di 0,5 centimetri in oro rosa per lo sfondo e policrome nelle parti a disegno (fig. 10), in chiave presenta invece una superficie dipinta che, sotto uno strato irregolare di intonaco applicato in un secondo tempo e decorato con scritte in foglia d'oro su fondo nero inneggianti a Maometto, cela il rivestimento originale anch'esso in mosaico. Come è noto, la cupola originaria, concepita da Antemio di Tralles e crollata nel 558, aveva probabilmente un profilo molto ribassato mentre quella attuale, che la sostituì dopo il primo crollo, presenta un sesto molto più alto. Oggi essa mostra i segni evidenti della sua storia e delle numerose ricostruzioni rese necessarie dai molteplici crolli parziali verificatesi nel tempo.

Al fine di verificarne l'attuale geometria, abbiamo sottoposto il suo modello 3D a una serie di 62 sezioni poste orizzontalmente rispetto al piano d'imposta, con passo di 25 centimetri (fig. 11); di queste solo 45 sono state selezionate come rappresentative delle

10/ Istanbul, Hagia Sophia, particolare dell'intradosso della cupola. Zone in mosaico di tessere vitree da 0,5 x 0,5 cm con fondo in oro rosa e disegni policromi si alternano a parti risarcite ad intonaco.

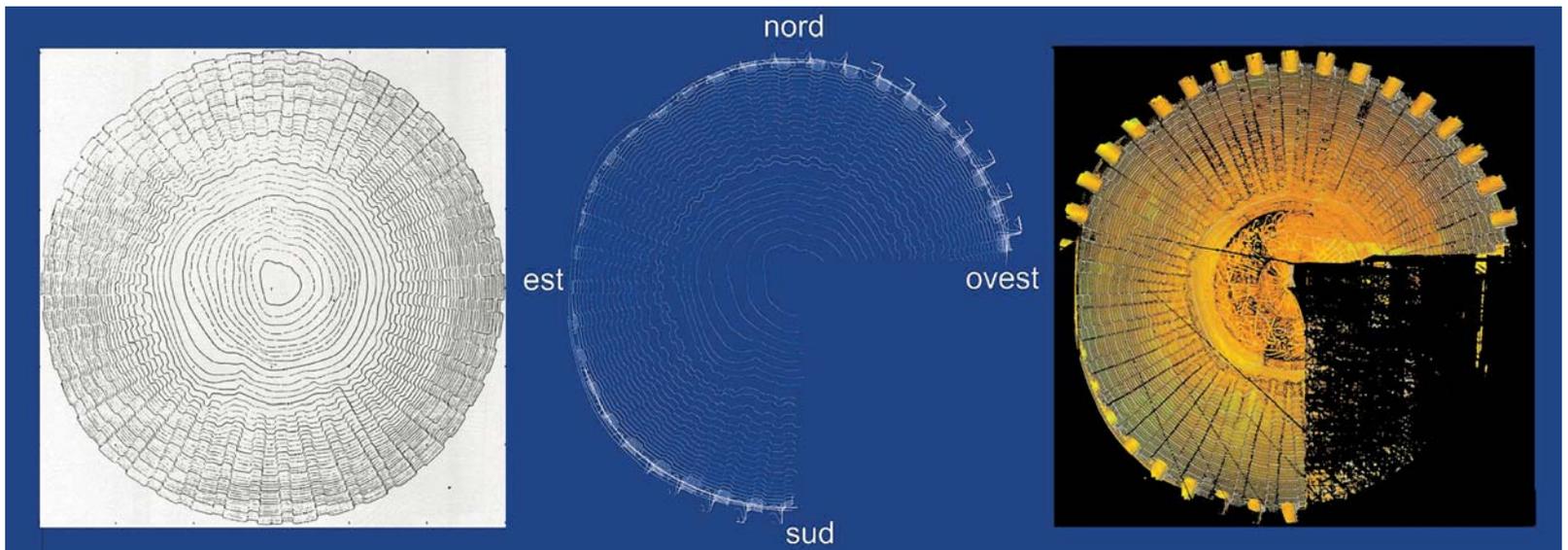
Istanbul, Hagia Sophia, detail of the intrados of the dome. Glass tile (0.5 x 0.5cm) mosaic areas with a pink gold background and polychrome patterns mix with plastered areas.



even visually, characterise the main building system. We were also able to highlight what Salvadori⁹ once theorized about the construction of Hagia Sophia, namely that Antemius had used two different building teams for the east and west sides of the complex, so as to make them compete against each other and therefore speed up the work. Over the centuries, it is the dome that has been modified and rebuilt the most. Internally, it is covered with mosaic made of 0.5 cm tiles: red gold on the background and polychrome in the drawn areas (fig. 10), while the crown is not mosaic, but painted. An irregular layer of plaster covers the crown. This plaster was applied later and the black background was decorated with gold leaf script glorifying Mahomet. However, the crown was originally covered in mosaic. It is well known that the original dome, designed by Antemius of Tralles, collapsed in 558. While this dome probably had a very depressed shape, the dome that replaced it after the first collapse is much more pointed and is the one still standing today. Its history, and the numerous reconstructions that became necessary due to the many partial collapses that have taken place over time, are clearly visible.

11/ Istanbul, Hagia Sophia, modelli per curve di livello dell'intradosso della cupola: restituzione fotogrammetrica del 1990 (K. Hidaka, T. Sato, 1990); sezioni orizzontali del modello 3D da scansione laser. A destra il modello tridimensionale renderizzato, al centro ipografia delle sole curve di sezione: le varie sezioni, qui viste dal basso, presentano un passo verticale di 25 cm.

Istanbul, Hagia Sophia, models for contour lines of the dome's intrados: 1990 plotting (K. Hidaka, T. Sato, 1990); horizontal sections of the 3D model from the laser scanning. Right, the rendered three-dimensional model, in the middle, a hypography of only the section curves: the various sections, seen from below, have a 25 cm pitch.



deformazioni più evidenti e utilizzate come direttrici per lo studio delle deformazioni, mentre altre sezioni radiali poste tra i costoloni in corrispondenza delle vele hanno prodotto le curve generatrici. Grazie a queste è possibile esaminare sulla calotta diverse situazioni di probabile criticità: dall'evidente ricucitura lungo la diagonale nord-est del quadrato su cui è impostata la cupola, alle deformazioni che si evidenziano a una quota compresa tra 53,5 e 49 metri da terra, corrispondente alla porzione posta al di sopra dei 52 gradi di inclinazione rispetto al piano d'imposta (nella zona in cui prevale, nel caso si assomigli la struttura a una membrana, lo sforzo di compressione). Altre deformazioni di differente derivazione (apparentemente a trazione) sono riscontrabili all'altezza dell'imposta della cupola, in direzione est e sud-est.

Il modello numerico risultante dalla scansione descrive di ogni punto la posizione lungo gli assi x , y e z , riferita a quella di origine posta nel centro dello scanner laser, e rileva inoltre un quarto dato significativo, ovvero il valore di risposta del materiale in termini di riflettanza al raggio laser (fig. 12); ciascun punto è infatti visualizzato sul monitor in una gamma cromatica che indica questo quarto parametro andando dal rosso (che identifica le superfici scure e quelle con massimo assorbimento della luce e minima riflettività) al blu (che indica invece le superfici chiare nonché

quelle con valore di minimo assorbimento e massima riflettività). Ne deriva un dato che, oltre a costituire come accennato il riferimento necessario per eventuali successive operazioni di *texture mapping* di foto digitali ad alta risoluzione, è di per sé di primaria importanza per la conoscenza dei materiali che costituiscono la superficie rilevata nonché il loro stato di alterazione.

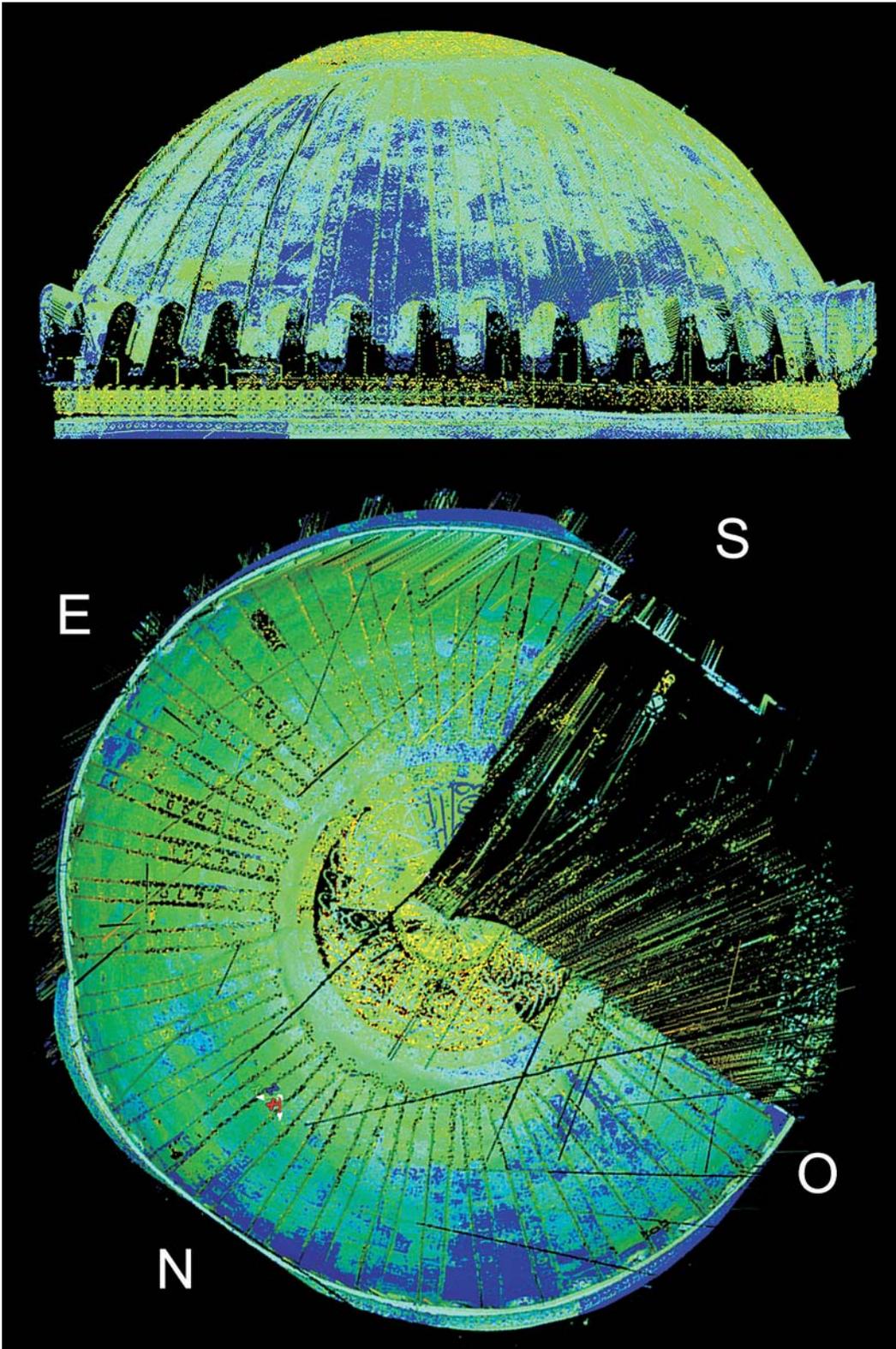
Sulla superficie in mosaico del modello interpolato dell'intera cupola (*mesh*) e sul particolare (come nuvola di punti) della chiave di volta in stucco dipinto sono pertanto state realizzate, in parallelo, segmentazioni successive in base al valore medio di riflettanza dei materiali componenti: dopo l'elaborazione iniziale, che ha interessato l'intero modello della superficie voltata come pure (in analisi distinta) il complesso della chiave, isolati su due livelli principali tutti i vertici (e i punti) appartenenti per intensità all'una o all'altra partizione, la procedura è stata via via ripetuta ottenendo con lo stesso criterio una serie distinta di gruppi e sottogruppi (fig. 13); l'attribuzione di ogni gruppo a un livello (*layer*) e tipologia cromatica differente ha facilitato così il riconoscimento e l'identificazione di alcune zone che denunciano l'alterazione della superficie.

Inoltre, la valutazione della presenza di *gaps* (mancanza dati) in zone della *mesh* ove la corretta posizione dello scanner, in termini di an-

To check its present geometry, we tested its 3D model by using 62 sections horizontally placed with respect to the plane of the springing points, with a 25 centimetre pitch (fig. 11). Only 45 of these were chosen as being representative of the most obvious deformations and used as directrices to study the deformations. Other radial sections located between the ribs and the vaults created the generatrix curves. This made it possible to study some critical points in the roof: the obvious disjuncture along the north-east axis of the square upon which the dome rests; the visible deformations at a height ranging between 53.5 and 49 m above ground level and corresponding to the part situated above the 52 degree gradient compared to the plane of the springing points (in the areas in which compressive stress prevails, if the structure is compared to a membrane). Other types of deformations (apparently due to tension) can be seen at the springing points of the dome in an east and south-east direction.

The numeric model generated by the scanning shows the position of every point along the x , y and z axes, compared to the original one placed in the centre of the laser scanner. It also reveals a fourth important parameter, namely the material's response value in terms of reflectance to the laser beam (fig. 12). In fact, each point is visualised on the monitor in a chromatic range that indicates this fourth

12/ Istanbul, Hagia Sophia,
studio della riflettanza della superficie della cupola.
Istanbul, Hagia Sophia,
study of the reflectance of the dome's surface.



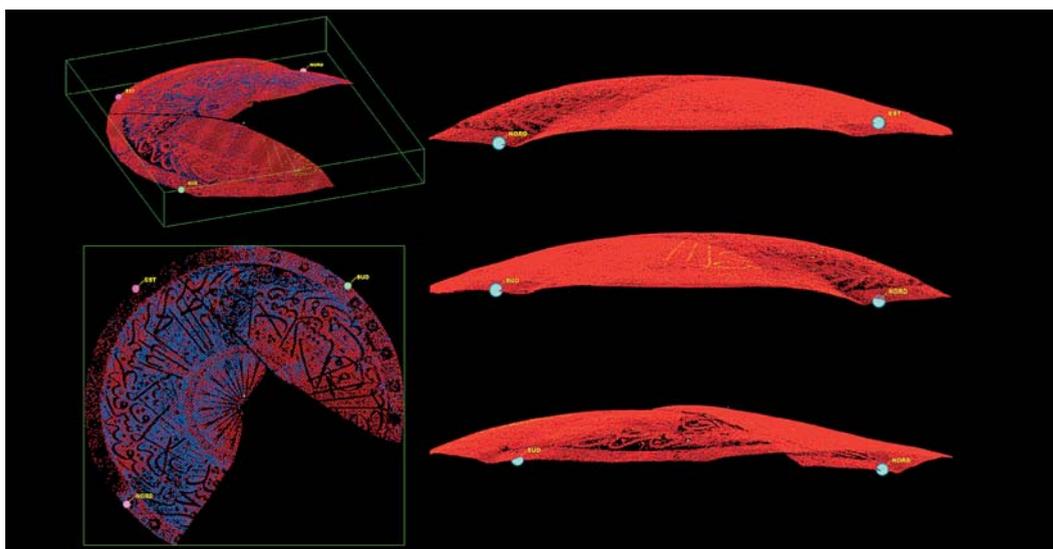
parameter, ranging from red (identifying the dark surfaces and those with maximum light absorption and minimum reflectivity) to blue (indicating the lighter surfaces as well as those with minimum absorption and maximum reflectivity). As mentioned earlier, the data obtained constitutes a necessary reference point for any future texture mapping operations of high resolution digital photos and, in itself, is extremely important to understand the materials that make up the surveyed surfaces and how they have changed.

Successive segmentations based on the average reflectance value of the building materials were carried out in parallel on the mosaic surface of the interpolated model of the entire dome (mesh) and on the detail (as a points cloud) of the crown in painted stucco. The initial processing involved the whole model of the vaulted surface and the crown complex (in a separate analysis) as well as isolating on two main levels all the vertexes (and points) that, based on their intensity, belonged to either group. Afterwards, the procedure was gradually repeated and a separate series of groups and subgroups (fig. 13) was obtained by using the same criteria. Every group belonged to a different layer and chromatic type. This facilitated the detection and identification of certain areas where the surface had changed. Furthermore, the evaluation of gaps in areas of the mesh where the correct position of the scanner, in terms of angulation, compared to the surface, does not mean there is a mistake in the shots, but highlights a phenomenon called "destructive diffraction." This allowed us to pinpoint certain parts of the intrados of the north area¹⁰ where parts of the vault collapsed during the sixth century (fig. 14). We could then identify the pieces that were replaced as well as the areas of partial reconstruction of the damaged parts of the mosaic. We were able to highlight the different building materials as well as the changes which have made the data obtained from the reflection of the laser beam rather special.

The study illustrated here is part of the ongoing efforts of many scholars and experts of various nationalities and fields to further knowledge in this very difficult domain. Quite apart from the scientific and operative results obtained by

13/ Istanbul, Hagia Sophia, studio della riflettanza del materiale che riveste la chiave della cupola. L'analisi dell'intensità di riflettanza ha consentito di distinguere sia i vari materiali sia alcune loro alterazioni (spellature, distacchi ed infiltrazioni).

Istanbul, Hagia Sophia, study of the reflectance of the material covering the dome's crown. The study of the reflectance intensity allowed us to identify the various materials and some of their alterations (peeling, detachment and infiltration).



golazione, rispetto alla superficie denuncia, non un errore di presa, bensì un fenomeno detto di «diffrazione distruttiva», ci ha permesso di individuare alcune aree dell'intradosso della zona nord¹⁰, ove giacciono le porzioni di volta corrispondenti ai crolli avvenuti nel VI secolo (fig. 14); ciò ha contribuito al riconoscimento sia delle sostituzioni sia del parziale ripristino degli elementi danneggiati del mosaico, mostrando la differente componente dei materiali nonché il loro stato di alterazione che hanno impresso un carattere distintivo al dato risultante dal riflesso della luce laser.

Lo studio fin qui illustrato si inserisce con continuità in quel percorso accidentato che da molti anni vede impegnati studiosi ed esperti di varie nazionalità e discipline. Al di là dei risultati raggiunti sul piano scientifico e operativo dall'applicazione della tecnologia del laser scanner 3D, ci preme tuttavia aver conseguito un altro e forse più importante risultato: riportare all'attenzione generale il problema della conservazione di Hagia Sophia, uno dei simboli della civiltà occidentale e dell'umanità intera.

□ Carlo Bianchini – Dipartimento di Rilievo, analisi e disegno dell'ambiente e dell'architettura, Università degli Studi di Roma «la Sapienza»

□ Priscilla Paolini – Dipartimento di Rilievo, analisi e disegno dell'ambiente e dell'architettura, Università degli Studi di Roma «la Sapienza»

1. La definizione si deve allo storico Procopio.

2. Problemi legati alla stabilità complessiva della chiesa, e della cupola in particolare, cominciarono a manifestarsi già nel corso della sua costruzione. Tuttavia, sia a causa della forma troppo ribassata della cupola originaria (circa 7 metri più bassa di quella attuale) che di insufficienti contrafforti laterali, essa collassò nel 558 d.C. dopo essersi pericolosamente incrinata a causa di una serie di terremoti registratisi a Costantinopoli tra il 553 e il 557. Isidoro il Giovane, che fu incaricato di ricostruire la cupola, le conferì la forma attuale che, malgrado i crolli del 989 (tredici costoloni) e del 1346 (ancora tredici costoloni), è sopravvissuta fino a oggi.

3. Tra questi è utile citare i lavori degli americani R.L. Van Nice, *St. Sophia in Istanbul: an architectural survey* (Washington, 1965 e 1986) e R.J. Mainstone, *Hagia Sophia: architecture, structure and liturgy of Justinian's great church* (Londra, 1988) che hanno costituito il punto di riferimento anche per il rilievo fotogrammetrico dei primi anni novanta del secolo scorso, riguardante la cupola e le semicupole est e ovest, effettuato da un gruppo di studiosi giapponesi (K. Hidaka, T. Sato, *Photogrammetry of the upper structure of Hagia Sophia*, in *The Hagia Sophia Surveying Project*, Tokyo Conference, Marzo 1993). Al momento, a parte qualche sporadico test, il nostro appare essere il primo rilevamento sistematico effettuato con scanner laser 3D.

4. Recenti studi geologici indicano addirittura la zona di Istanbul come teatro entro il 2030 di un terremoto tanto devastante da radere al suolo gran parte della città.

5. Alcuni dati possono aiutare a meglio comprendere la natura del progetto UCH2: durata triennale (2002-2005); finanziamento 1,5 milioni di euro circa; 21 Partner; 11 Paesi coinvolti (Italia, Spagna, Portogallo, Turchia, Egitto,

using 3D laser scanner technology, however, we would like to highlight another, perhaps more important result: to have brought the problem of the conservation of Hagia Sophia, one of the symbols of Western civilisation and the whole of humanity, back to the attention of the public at large.

1. The definition comes from the historian, Procopius.

2. Problems with the overall stability of the church and the dome in particular began to be visible during its construction. However, due to both the dome's excessively depressed shape (approx. 7 m lower than the present one) and the inadequate side buttresses, it collapsed in 558 A.D. after dangerous cracks appeared following a series of earthquakes in Constantinople between 553 and 557. Isidorus the Younger, tasked with rebuilding the dome, gave it its current shape and, despite the collapses in 989 (thirteen ribs) and 1346 (again thirteen ribs), it has survived to the present day.

3. It is useful to cite, amongst others, the work of the American, R.L. Van Nice, *St. Sophia in Istanbul: an architectural survey* (Washington, 1965 & 1986) and R.J. Mainstone, *Hagia Sophia: architecture, structure and liturgy of Justinian's great church* (London, 1988). These works were used as the basis for the photogrammetric survey in the early 1990's of the dome and the east and west semidomes carried out by a group of Japanese scholars (K. Hidaka, T. Sato, *Photogrammetry of the upper structure of Hagia Sophia*, in *The Hagia Sophia Surveying Project*, Tokyo Conference, March 1993). Apart from some sporadic tests, at the moment ours appears to be the first systematic survey carried out using a 3D laser scanner.

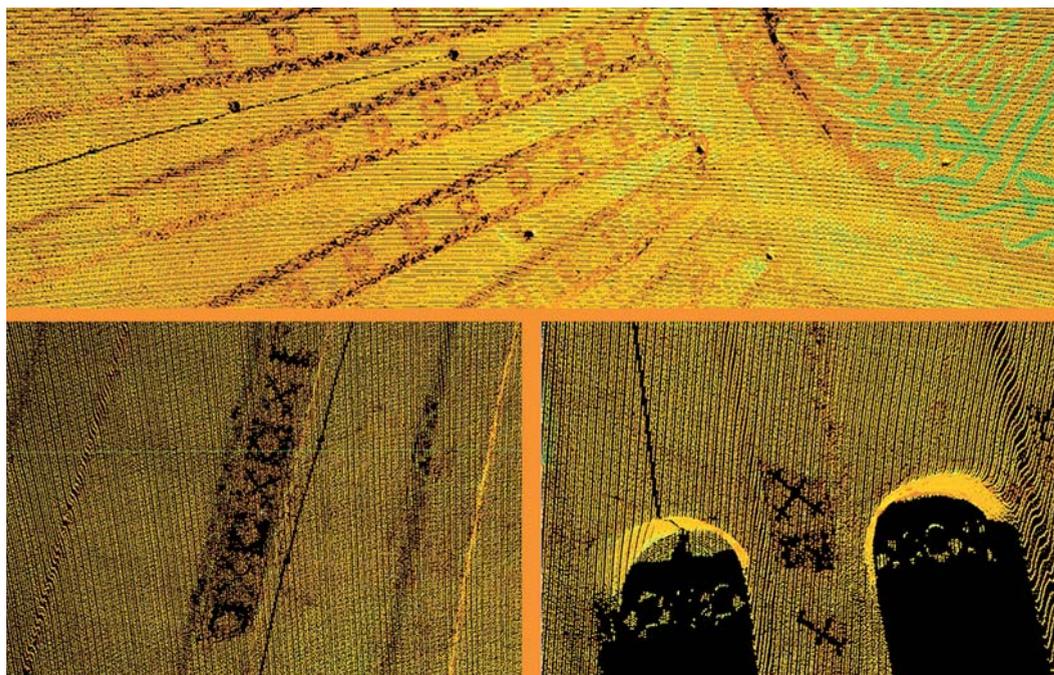
4. Recent geological studies even indicate that before 2030, Istanbul will be hit by an earthquake so devastating that much of the city will be razed to the ground.

5. Some statistics can help us better understand the nature of the UCH2 project. Lasting three years (2002-2005) the project has received financing of approximately 1.5 million euro. 21 partners from 11 countries are involved (Italy, Spain, Portugal, Turkey, Egypt, Morocco, Algeria, the Palestinian Authority, Lebanon, Jordan and Tunisia). The General Contractor is Unimed. Scientific responsibility lies with the RADAAR Department. The CAVEA Dept. is responsible for training and education. For more information on the work of Unimed and the UCH2 project, visit www.unimed.net and www.unimed-culturalheritage.org.

6. It is important to list all the Italian and Turkish team members who contributed to the success of the whole operation. For the RADAAR Dept.: Prof. Mario Docci

14/ Istanbul, Hagia Sophia, il fenomeno della diffrazione distruttiva in alcune zone della cupola. Quando le onde elettromagnetiche rimesse dal materiale presentano una lunghezza d'onda «complementare» rispetto a quella del raggio laser, si registra un effetto di mutuo annullamento che «oscura» intere zone dell'oggetto.

Istanbul, Hagia Sophia, the phenomenon of destructive diffraction in some areas of the dome. When the electromagnetic waves re-emitted by the material have a "complementary" wavelength compared to the laser beam wavelengths, the mutual annulment "blacks out" entire areas.



Marocco, Algeria, Autorità Palestinese, Libano, Giordania, Tunisia); *General contractor* Unimed; responsabilità scientifica Dipartimento RADAAR; responsabilità per la formazione Dipartimento CAVEA. Per maggiori informazioni sia sull'attività dell'Unimed che sul progetto UCH2 è possibile consultare rispettivamente i siti www.unimed.net e www.unimed-culturalheritage.org.

6. Vale la pena elencare nel dettaglio l'*équipe* italo-turca che ha contribuito al successo dell'intera operazione. Per il Dipartimento RADAAR: prof. Mario Docci (responsabile scientifico), arch. Carlo Bianchini (responsabile tecnico), arch. Priscilla Paolini (scansioni laser ed elaborazione dati), arch. Alfonso Ippolito (elaborazione dati e *rendering*), staff tecnico del Laboratorio di Fotogrammetria coordinato dal prof. Piero Albisinni e quello amministrativo coordinato dalla dott.ssa Maria Di Giovenale. Per l'Unimed: prof. Franco Rizzi, dott. R. Albergoni, dott. M. Scalisi, dott. R. Chelli, dott.ssa E. Cagiano, dott.ssa D. Massimilla, dott. A. De Rinaldis insieme all'intero staff. Per l'Università Bogaziçi: prof. Günham Danisman, Nil Boril, Niko Manopulo. Per il Ministero della cultura turco: dott. Mehmet Gürkan. I più vivi ringraziamenti inoltre al Direttore del Museo di Hagia Sophia dottor Sefer Araboglu nonché a Hüsseyin Dincel e a tutto il personale per la cortesia e disponibilità dimostrata in ogni situazione.

Bisogna infine ricordare che proprio l'11 luglio 2003, presso l'Università Bogaziçi si è tenuto il Convegno Internazionale *Cultural Heritage Preservation. New Technologies and Retrofitting: the Aya Sophia case*. Tra i relatori, oltre a chi scrive, segnaliamo i contributi dei professori M. Docci, P. Rocchi, A. Bianchi, G. Danisman,

G. Barbarosoglou, M. Erdik. In questa medesima occasione è stato siglato un protocollo di intesa tra le istituzioni italiane e turche (tra cui il Ministero della cultura e del turismo turco), che rappresenta un primo ufficiale riconoscimento del lavoro fin qui svolto così come un passo importante per la definizione del quadro formale delle successive attività.

7. In occasione del rilevamento mediante scanner laser 3D illustrato nel presente articolo, il quarto sud-ovest della cupola risultava coperto da un ponteggio utilizzato per operazioni di restauro a oggi ancora in corso.

Questa parte, non rilevabile da terra, è stata comunque in gran parte scandita posizionando lo strumento sulla sommità del ponteggio stesso, grazie alla cortese disponibilità del responsabile del cantiere di restauro Murat Cura, alla sua prima assistente Ilaria Scalia e all'impegno del resto del suo team di specialisti.

8. Cloudworx è un software realizzato dalla stessa Cyra Technologies che consente di visualizzare e parzialmente utilizzare le nuvole di punti, direttamente in Autocad, conservando sia i dati geometrici 3D che quelli relativi alla riflettanza dei singoli punti.

9. M. Salvadori, *Perché gli edifici stanno in piedi*, Milano, Bompiani, p. 284.

10. Al momento questa indagine ha potuto riguardare solo la porzione nord della calotta a causa delle impalcature. Si rimanda a un successivo completamento del lavoro la definizione di questi dati mancanti.

(scientific director), Arch. Carlo Bianchini (technical director), Arch. Priscilla Paolini (laser scans and data processing), Arch. Alfonso Ippolito (data processing and rendering), technical staff of the Laboratory of Photogrammetry co-ordinated by Prof. Piero Albisinni and administration co-ordinated by Ms. Maria Di Giovenale. For Unimed: Prof. Franco Rizzi, Mr. R. Albergoni, Mr. M. Scalisi, Mr. R. Chelli, Ms E. Cagiano, Ms D. Massimilla, Mr. A. De Rinaldis and the entire staff. For the Bogaziçi University: Prof. Günham Danisman, Nil Boril and Niko Manopulo. For the Turkish Ministry of culture: Mr. Mehmet Gürkan. Sincere thanks to the Director of the Hagia Sophia Museum Mr. Sefer Araboglu as well as to Hüsseyin Dincel and all the staff for their courtesy and availability at all times.

Finally, it must be said that on July 11, 2003, an International Conference was held at the University of Bogaziçi entitled Cultural Heritage Preservation. New Technologies and Retrofitting: the Aya Sophia case. Apart from the author, the rapporteurs included Prof. M. Docci, P. Rocchi, A. Bianchi, G. Danisman, G. Barbarosoglou and M. Erdik.

On this occasion, a memorandum of understanding was signed between the Italian and Turkish institutions (including the Turkish Ministry of Culture and Tourism). This is the first official act acknowledging the work done so far. It is also an important step in the drafting of a final protocol for further work.

7. During the 3D laser scanner survey illustrated in this article, the south-east quarter of the dome was covered by scaffolding used during restoration work still currently underway. This part could not be surveyed from ground level, so most of it was scanned by positioning the instrument at the top of the scaffolding itself, thanks to the gracious help of the person responsible for the restoration site, Murat Cura, his chief assistant, Ilaria Scalia and the work of the entire team of specialists.

8. Cloudworx is a software made by Cyra technologies. It permits the vision and partial use of points clouds, directly in Autocad, preserving both the 3D geometric data and the data that refers to the reflectance of each point.

9. M. Salvadori, *Perché gli edifici stanno in piedi*, (Why buildings stand up) Milan, Bompiani, p.284.

10. Currently this study only covers the north part of the roof because of the scaffolding. The missing data will be provided upon completion of the work.

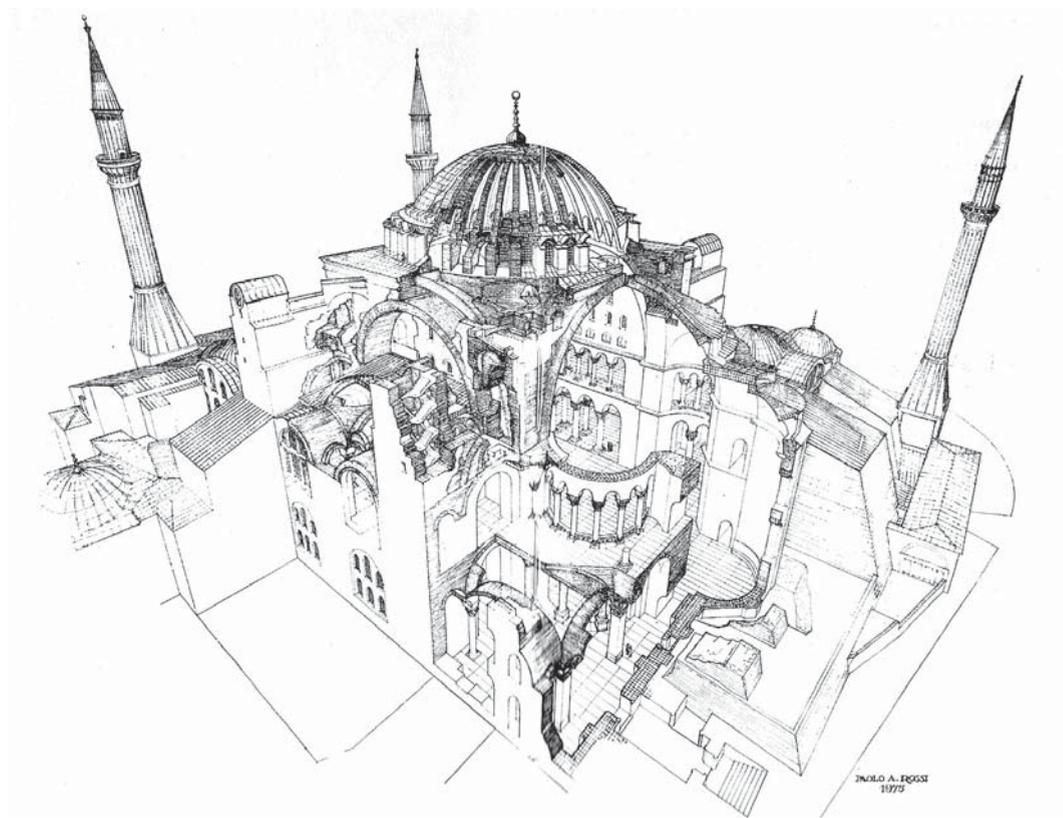
Mario Dozzi

Hagia Sophia. Analisi del rilevamento interno

I grandi progetti si propongono sempre di raggiungere diversi obiettivi e quello di Hagia Sophia non fa eccezione alla regola. Quando nel febbraio del 532 d.C. l'imperatore Giustiniano decise di dare inizio ai lavori di questo grande monumento, egli fu certamente spinto dalla fede nella nuova religione ma fu anche mosso dalla necessità di rendere esplicito il proprio potere politico attraverso una opera che suscitasse grande stupore. Cinque anni più tardi, esattamente il 27 dicembre del 537, quando inaugurò la sua chiesa insieme al Patriarca gridò: «Gloria a Dio, che mi ha ritenuto meritevole di poter terminare quest'opera. O Salomone così ti ho superato»¹. Frase, questa, in cui si coglie la fede dell'imperatore ma anche il suo desiderio di essere ricordato per questa straordinaria opera.

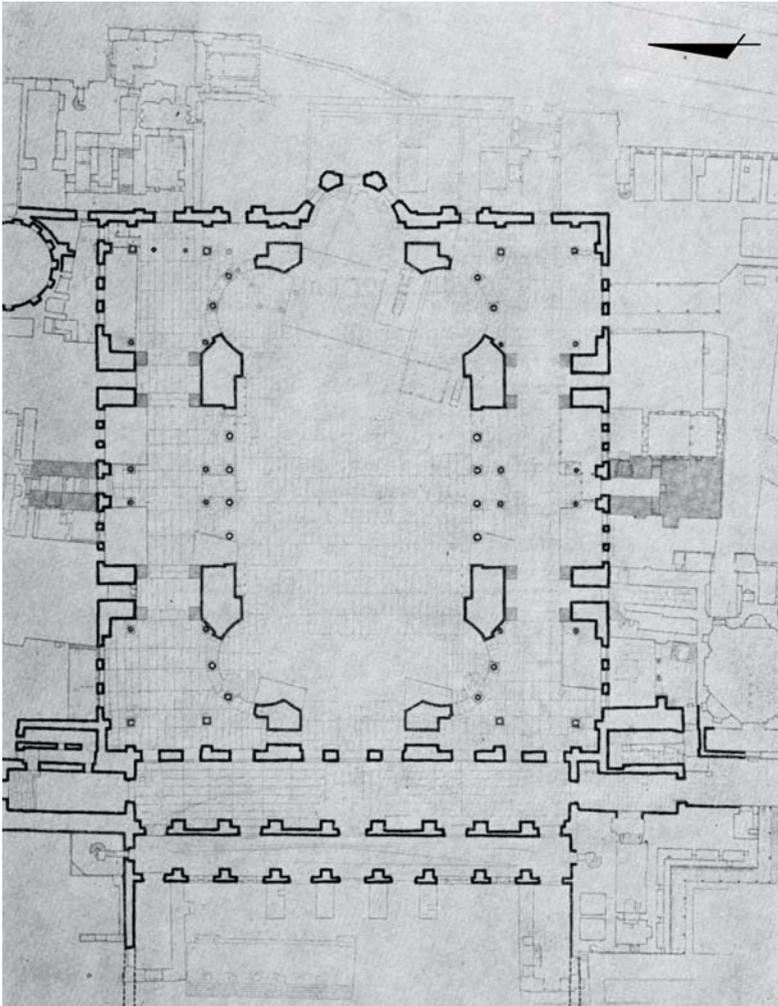
Non vi è dubbio che Giustiniano spese nella realizzazione di questo monumento enormi risorse ed energie personali (figg. 1,2). Innanzi tutto scelse con estrema oculatezza il progettista, individuandolo in Antemio di Tralles, matematico e architetto greco, con cui collaborerà come assistente Isidoro il Vecchio di Mileto. Ma non si limitò a scegliere uno degli architetti più famosi del suo tempo, perché seguì personalmente l'andamento dei lavori e impose una rigida organizzazione al lavoro, suddividendo in due squadre i diecimila lavoratori impiegati e creando fra le due squadre una sorta di competizione. L'impiego di tanta mano d'opera fa intuire anche un scopo sociale di questo cantiere che, in un periodo di scarsa occupazione, darà lavoro per oltre cinque anni a migliaia di addetti.

Probabilmente l'imperatore, come afferma anche Procopio nel *Proemio degli Edifici di Giustiniano*², suggerì ad Antemio di Tralles e a Isidoro i principi ispiratori per l'impostazione planimetrica della chiesa, indicando un impianto che si distacca notevolmente dalla concezione delle altre chiese bizantine dell'epoca. Sappiamo, infatti, che le chiese orientali di questo periodo sono impostate generalmente su una pianta centrale, sormontata da una cupola in legno; questo schema viene superato in Hagia Sophia da una concezione che, pur mantenendo alcuni aspetti dell'impianto centrale, si presenta come una grande aula basilicale. Come afferma Piero Sanpaolesi: «Se mai



1/ *Pagina precedente.* Hagia Sophia, spaccato prospettico.
Disegno di Paolo Rossi.
Previous page. *Hagia Sophia, vertical section.*
Drawing by Paolo Rossi.
2/ *Pagina precedente.* Istanbul, Hagia Sophia,
fotografia del lato sud.
Previous page. *Istanbul, Hagia Sophia,*
photograph of the south side.
3/ Hagia Sophia, pianta del piano terra.
Hagia Sophia, ground floor plan.

4/ Hagia Sophia, vista dell'interno dall'abside.
Hagia Sophia, interior view from the apse.



s'era offerta ad un sovrano la possibilità di far convergere nelle forme architettoniche l'espressione della potenza e della lunga tradizione del potere temporale, ed agli architetti la possibilità di farsi interpreti di questa volontà e di questi sentimenti, questa era la massima possibile, anche perché finalizzata ad esprimere i difficili concetti di *eterno* e di *infinito*³.

Il progetto

Il progetto di Hagia Sophia è basato su un grande quadrato di circa 62 metri di lato, al centro del quale viene collocato un altro quadrato di circa 31 metri di lato, che costituisce la base sulla quale poggia la grande cupola centrale (fig. 3). Il quadrato interno ha ai suoi angoli quattro grandi pilastri che sorreggono la cupola centrale; il passaggio dalla pianta

quadrata alla forma circolare della cupola è risolto con l'inserimento di quattro pennacchi sferici, che raccordano i quattro pilastri angolari con la base circolare della cupola. Il quadrato interno – in realtà sarebbe più corretto parlare di un quadrilatero con due lati leggermente diversi⁴ – si collega lungo l'asse est-ovest (maggiore) con due grandi absidi semicircolari, creando in tal modo uno spazio rettangolare lungo circa 62 metri e largo circa 31 metri, i cui lati sono quindi in rapporto di uno a due; su uno dei lati minori si apre l'ingresso, mentre sull'altro è collocata un'abside semicircolare che fuoriesce dal perimetro. Sulle due grandi sale semicircolari che affiancano il vano centrale si aprono simmetricamente, a destra e a sinistra, due esedre semicircolari che dilatano ulteriormente lo spazio, tanto che

Analysis of the survey of the interior of Hagia Sophia

Grand projects always want to accomplish numerous goals and Hagia Sophia is no exception. When Emperor Justinian began work on this great monument in February 532 A.D. he was undoubtedly inspired by his new found faith, but he was also driven by the need to explicitly reaffirm his own political power by building something that would dazzle the world. Five years later, on December 27, 537, when he inaugurated his church together with the Patriarch, he exclaimed: "Glory to God, who deemed me worthy to finish this construction. O Solomon, thus have I prevailed over you."¹ The Emperor's words betray his faith, but also his desire to be remembered for

percorrendolo si ha più la percezione di una aula basilicale che di un grande vano centrale dilatato lungo l'asse maggiore (fig. 4).

In questo straordinario spazio architettonico si fondono molti temi, da quello basilicale a quello centrale, ma si collegano anche riferimenti a presenze tipiche della spazialità architettonica romana, come ad esempio al cosiddetto tempio di Minerva medica negli Orti Licini a Roma, agli edifici termali (e in particolare alle Terme di Diocleziano a Roma) oltre a edifici coevi come il San Lorenzo a Milano.

Il volume interno di Hagia Sophia è unico nel suo genere, esso determina nel fruitore la sensazione di uno spazio avvolgente con le superfici curve che si snodano lungo l'asse principale e si dilatano in altezza nel vano centrale. Sui fianchi della grande sala, ma separata da essa da una serie di colonne, vi sono due navate laterali più piccole, coperte con volte che sorreggono i matronei che avvolgono tutto lo spazio centrale. Oggi l'impianto esterno del grande volume ideato da Antemio di Tralles e da Isidoro non è più leggibile a causa degli interventi che nel corso dei secoli ne hanno modificato profondamente l'aspetto con una serie di sovrastrutture.

La struttura portante

Per comprendere la complessità spaziale di Hagia Sophia occorre analizzare più da vicino l'impianto della struttura portante, che contraddistingue in modo preciso tutto il monumento, tanto che non è possibile scindere l'aspetto strutturale da quello figurativo.

Come abbiamo detto, l'impianto generatore è costituito da un quadrato centrale di circa 31 metri di lato, ai cui angoli sono posti i quattro pilastri che sorreggono la cupola centrale; la misura di questo quadrato deriva probabilmente da una scelta iniziale dei progettisti che vollero realizzare un spazio quadrato di 100 piedi bizantini di lato. Come è noto, infatti, un piede bizantino misura 0,3123 metri ed è dunque molto probabile che i progettisti siano partiti da un quadrato di 31,23 metri di lato, pari appunto a cento piedi; le differenze che oggi si riscontrano tra i lati possono derivare da varie ragioni, che dovrebbero essere ulteriormente indagate con il riscontro di un accurato rilevamento⁵.

Da un primo esame sembrerebbe che i progettisti abbiano fatto ricorso a un modulo basato sul piede e più precisamente a un suo multiplo: 15 piedi (pari a 4,685 metri, ovvero $15 \times 0,3123$), misura che costituisce, ad esempio, l'interasse delle colonne che sorreggono le pareti nord e sud del piano terra. Tale modulo si riscontra anche in alzato; infatti, la prima cornice è posta a 14,055 metri dal pavimento (corrispondenti a 3 moduli = $4,685 \times 3$), la seconda cornice è posta 23,425 metri (corrispondenti a 5 moduli = $4,685 \times 5$) e l'imposta della cupola è a 42,165 metri dal pavimento (corrispondenti a 9 moduli = $4,685 \times 9$).

Su questa griglia planimetrica e spaziale i progettisti hanno impostato il loro sistema strutturale, le cui componenti principali cercheremo ora di analizzare, facendo riferimento ai rilievi fin qui disponibili⁶.

I quattro pilastri posti agli angoli sono ricordati tra loro da quattro grandi arconi che hanno un diametro pari a circa 31 metri; a partire dall'imposta degli archi, i pilastri si allargano a fungo creando dei pennacchi emisferici, in modo da realizzare una circonferenza sulla quale si imposta la cupola. A quanto è dato sapere i pennacchi, realizzati con l'aggetto successivo di ricorsi di mattoni, formano un unico blocco con i pilastri e questo sistema determina problemi non indifferenti per il peso che grava sui pilastri.

Vi è tuttavia una grande differenza tra i quattro archi; infatti, mentre quelli trasversali, che collegano il vano centrale con le due aule semicirculari, sono liberi, gli archi nord e sud sono in realtà inseriti in una parete con due ordini di finestre che contiene al suo interno un altro arco di scarico parallelo al precedente ma più piccolo, di circa 22 metri di diametro (fig. 5).

Questi due archi più piccoli, contenuti nelle pareti nord e sud, le quali costituiscono due timpani, se apparentemente non sembrano avere una funzione portante in realtà finiscono per svolgerla dal momento che riducono di quasi dieci metri la luce del sovrastante arco principale. Di conseguenza su ciascuno dei quattro pilastri convergono due forze inclinate, la cui componente orizzontale è di valore diverso: meno intensa quella nella direzione est-ovest e più intensa quella in direzione nord-sud. Come vedremo in seguito queste

this stunning and spectacular work.

Justinian undoubtedly invested enormous resources and personal energy in this endeavour (figg. 1, 2). First of all he chose his designer, Anthemius of Tralles, a Greek mathematician and architect, with the utmost care. Anthemius was assisted by Isidorus the Elder of Miletus. He didn't just choose one of the most famous architects of that age, he personally supervised the work and imposed strict working conditions. He divided the ten thousand workers into two teams, pitting them against each other. The fact he used so many workmen reveals the social purpose of this worksite which, at a time of severe unemployment, kept thousands of labourers occupied for over five years.

Probably the Emperor, as reported by Procopius in his Proemio degli Edifici di Giustiniano,² gave Anthemius of Tralles and Isidorus the idea for the planimetric layout of the church, a layout very different from other coeval Byzantine churches. In fact, we know that eastern churches usually had a central plan with a wooden dome on top: the concept behind Hagia Sophia still had some elements of the central plan, but looked more like an enormous basilican hall. Piero Sanpaolesi wrote: "If ever a sovereign were given the possibility to make an architectural shape express the authority and longstanding tradition of temporal power, and architects the possibility of interpreting this aspiration and sentiments, it is here, because this project aims at expressing the difficult concepts of the exterior and of infinity."³

The project

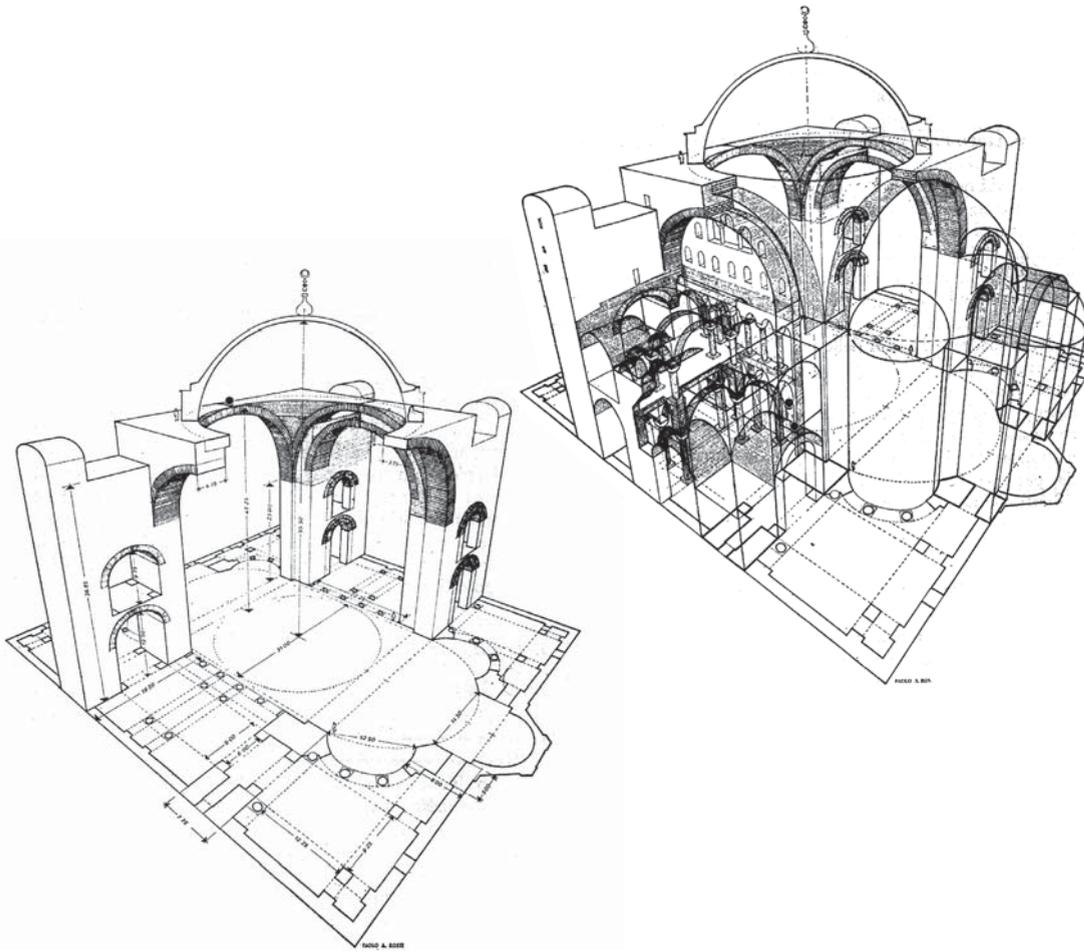
The design of Hagia Sophia is based on a huge square with sides of approximately 62 m upon which rests the big central dome. Another square with sides of 31 m is positioned in the centre of this square (fig. 3). Four large piers stand at the corners of the inner square and support the central dome. The transition from a square plan to the circular shape of the dome is achieved by inserting four round pendentives that connect the four corner piers to the circular base of the dome. The inner square – in fact it would be more exact to talk of a quadrilateral with two slightly different sides⁴

5/ Hagia Sophia, spaccato prospettico di Hagia Sofia: si noti il doppio arco all'interno della parete nord. Disegno di Paolo Rossi.

Hagia Sophia, vertical section of Hagia Sophia: note the double arch inside the north wall. Drawing by Paolo Rossi.

6/ Hagia Sophia, spaccato prospettico delle strutture voltate: i grandi pilastri della cupola fuoriescono dal vano centrale e la loro altezza arriva fino al piano d'imposta della cupola. Disegno di Paolo Rossi.

Hagia Sophia, vertical section of the vaulted structures: the great piers of the dome go beyond the central hall and extend to the springing post of the dome. Drawing by Paolo Rossi.



differenti spinte finiranno per determinare deformazioni diverse sulla cupola.

Le forze che i quattro grandi archi scaricano sui pilastri, in ragione di quanto descritto, non sono pertanto identiche e ciò spiega la particolare conformazione dei pilastri che si sviluppano ortogonalmente all'asse principale della chiesa, in modo da contrastare i due archi con la maggiore spinta (est e ovest). Tuttavia questo accorgimento non è stato sufficiente a riequilibrare il sistema complessivo. Se si osserva la pianta della chiesa, si comprende la logica seguita dai progettisti: i pilastri di sostegno della cupola, che sono stati nel tempo rinforzati, raggiungono una lunghezza complessiva di 19,00 metri, tagliando così tutta la navata laterale, e uno spessore di 7,5, ottenuto mediante una doppia parete affiancata. Per permettere la percorribilità delle navate laterali la lunghezza del pilastro è interrotta al piano terra e a quello dei matronei da un arco.

La spinta proveniente dalla cupola e dai quattro grandi archi di 31 metri di luce è assorbita

in gran parte dai quattro pilastri angolari con i quali collaborano i solai del pavimento e della copertura dei matronei, che corrono lungo tutta la navata centrale. Per poter svolgere a pieno la loro funzione di contrasto alla spinta della volta, la parte esterna dei quattro pilastri, in origine più bassa, è stata prolungata in altezza dai progettisti fino al piano di imposta della cupola, come si può osservare nel disegno realizzato da Paolo Rossi (fig. 6)⁷. Quindi, la cupola è contrastata lungo i fianchi nord e sud solamente dai quattro pilastri, mentre nella direzione dell'asse principale della chiesa anche dalle due grandi strutture terminali coperte da calotte emisferiche.

In conclusione, lungo l'asse maggiore, anche se il pilastro è meno sviluppato in questa direzione, la struttura appare più equilibrata poiché la spinta degli archi sulle pareti laterali è ridotta dal doppio arco sovrapposto e nel contempo è controbilanciata dalla presenza delle due calotte emisferiche che concludono lo spazio centrale appoggiandosi ciascuna su

– joins two big semicircular apses along the EW (main) axis. By doing so, it creates a rectangular space approximately 62 m long and 31 m wide, where the sides have a ratio of one to two. The entrance is situated along one of the shorter sides, while along the other there is a semicircular apse that extends beyond the perimeter. Two semicircular exhedrae are symmetrically located to the right and left of the two big semicircular halls on both sides of the central space. These exhedrae make the area look even bigger, so much so that when walking along it, the visitor feels it looks more like a basilican hall than a large central area enlarged along its main axis (fig. 4).

This extraordinary architectural space contains many styles, from the basilica to the central plan. But there are also references to typical elements of Roman architectural spatiality, for instance, the so-called Temple of Minerva Medica in the Gardens of the Licini in Rome, the thermal baths (especially the Baths of Diocletian in Rome) as well as other contemporary buildings such as San Lorenzo in Milan.

The interior volume of Hagia Sophia is unique. The visitor feels as if he were in an enveloping space with curved surfaces that extend along the main axis and stretch upwards in the central area. Two smaller side naves are located along the sides of the central hall, but separated from it by a series of columns. The vaulted side naves support the women's galleries that run around the entire central area.

Nowadays, the exterior plan of this great building designed by Anthemius of Tralles and Isidorus can no longer be seen because the work done over the centuries has severely altered its shape by adding a series of superstructures.

The load-bearing structure

To understand Hagia Sophia's complex spatial structure, it is necessary to meticulously analyse its load-bearing structure. This is the element that characterises the entire monument, making it impossible to separate its structural and figurative features.

As mentioned earlier, the original layout has a central square approximately 31 m long. The four corner piers support the central dome. The

due dei pilastri principali e due pilastri secondari (in corrispondenza del pronao d'ingresso e della bocca dell'abside).

Con questo schema Antemio e Isidoro riuscirono a realizzare una struttura portante estremamente esile in rapporto agli spazi coperti, come dimostra la parete esterna, che delimita il grande quadrato, di modesto spessore e fittamente traforata da ampie finestre. Possiamo dire che questo impianto strutturale, concentrando i carichi in pochi punti e scaricando di fatto le pareti, già preannuncia l'avvento delle esperienze gotiche.

Sulla tecnica impiegata da Antemio e Isidoro per la realizzazione della copertura permangono ancora alcuni dubbi, poiché se è del tutto evidente che la cupola presenta una struttura segnata da quaranta costoloni è altrettanto vero che a un certo punto essi scompaiono inglobati nello spessore della volta. Questa zona in apparenza priva di costoloni, e che sembra una scodella rovesciata, è prossima alla chiave di volta e si estende per un diametro di circa 14 metri. Si ritiene che i costoloni abbiano uno spessore quasi costante di circa un metro, mentre la loro larghezza, pari a circa 1,5 metri all'imposta, si riduce mano a mano che salgono verso l'alto fino a raggiungere la misura di circa 0,5 metri.

Come sono costruiti i collegamenti tra due diversi costoloni? La versione più attendibile sembra essere quella proposta da Piero Sanpaolesi⁸ secondo il quale i costoloni, man mano che erano costruiti, venivano uniti da delle voltine ad arco molto ribassato realizzate con la tecnica dell'arco sdraiato egiziano. Questa tecnica, infatti, presenta il vantaggio di non richiedere una centina estesa a tutta la superficie della cupola che così poteva essere limitata ai soli costoloni. Una tecnica diversa, tuttavia, deve essere stata utilizzata per la calotta di chiave che fu certamente realizzata con il sostegno di una centina, probabilmente una centina sostenuta dal piano d'imposta data l'eccessiva distanza dal pavimento (oltre 50 metri).

Va ricordato che la cupola subì un primo crollo nel 558 d.C. e fu interamente ricostruita nel 563; secondo le fonti storiche, in questa occasione venne realizzata una copertura con una curvatura differente da quella della cupola originaria, che era di circa 6 metri più ri-

bassata. Poiché oggi la cupola presenta una forma molto prossima a una mezza sfera, con il centro posto a circa 7,93 metri sotto il piano di imposta, e, da quanto è dato sapere, il piano di imposta non ha subito variazioni è probabile che anche la precedente cupola fosse emisferica ma avesse il centro di curvatura più in basso di quello attuale. Secondo Mario Salvadori⁹, la nuova cupola esercita una spinta inferiore di circa il 30 per cento rispetto a quella esercitata dalla cupola originaria, e questo diverso comportamento si traduce evidentemente in un diverso grado di sicurezza. Un ulteriore crollo, in seguito al terremoto del 989 d.C., interessò l'arcone ovest, posto all'ingresso della chiesa, e il corrispondente spicchio della cupola centrale; proprio nel corso dei lavori di ricostruzione furono realizzati, vicino agli spigoli delle facciate nord e sud, quei contrafforti che ancora oggi deturpano con la loro mole i due fronti. Anche questi contrafforti, tuttavia, dimostrarono nel giro di pochi anni la loro inutilità: nel 1346 d.C., infatti, un nuovo terremoto fece crollare parte dell'arcone est; anche in questo caso fu risarcito l'arco e ricostruito circa un quarto della cupola.

I segni di questi ed altri interventi effettuati nel corso dei secoli sono ancora oggi visibili nell'intradosso della cupola che mostra alcuni evidenti dislivelli tra le sue varie porzioni.

Le deformazioni delle strutture

Le tecniche costruttive bizantine hanno avuto certamente un ruolo non secondario nelle deformazioni che segnano pesantemente le principali strutture di Hagia Sophia. Le strutture murarie verticali sono state realizzate prevalentemente con muratura di mattoni e in minima parte con blocchi di pietra e colonne di granito. Questa alternanza di elementi rigidi, come le colonne di granito, e membrature più deformabili, come le murature di mattoni, ha generato non pochi problemi nelle strutture portanti, problemi ampliati ulteriormente dalle tecniche costruttive impiegate. Va ricordato, infatti, che i bizantini usavano alternare ricorsi di mattoni e giunti di malta di notevole spessore (fino a 5 o 6 centimetri, pari quindi allo spessore dei mattoni) e che proprio questo spessore rendeva i tempi di essiccazione molto lunghi e soprattutto dava

size of this square was probably chosen by the designers to create a square space 100 Byzantine feet long. It is a well known fact that a Byzantine foot measures 0.3123 m and so it is extremely likely that the designers started with a square 31.23 m long, equal to 100 feet. There are many explanations for the current differences between the sides and these should be studied further by carrying out an accurate survey.⁵

An initial test would seem to indicate that the designers used a module based on the foot, or more precisely on a multiple: 15 feet (equal to 4.685 m, or 15 x 0.3123), a measurement which constitutes, for example, the interaxis of the columns supporting the north and south walls of the ground floor. This module is also used for the elevation: in fact, the first cornice is located 14.055 m above floor level (corresponding to 3 modules = 4.685 x 3), the second cornice is located 23.425 m above floor level (corresponding to 5 modules = 4.685 x 5) and the springing point of the dome is 42.165 m from the floor (corresponding to 9 modules = 4.685 x 9).

The designers imposed their own structural system on this planimetric and spatial grid and we will now try to analyse the main elements using the surveys currently available.⁶

The four corner piers are connected by four big main arches each with a 31 m diameter. From the springing points of the arches, the piers mushroom out creating hemispherical pendentives, forming a circumference supporting the dome. As far as we can tell, the pendentives, built with repeated layers of projected bricks, form a single block with the piers. This system creates quite severe problems due to the load on the piers.

However, the four arches are very different. In fact, while the transversal ones that connect the central hall to the two semicircular halls are free-standing, the north and south arches are actually inserted in a wall with two rows of windows. Inside the wall there is another discharging arch parallel to the previous one, only smaller, approximately 22 m in diameter (fig. 5).

These two smaller arches on the north and south walls, creating two tympanums, do not appear to function as load-bearing structures. In fact they do, because they reduce the span of

luogo a notevoli fenomeni di diminuzione di volume; ciò, nonostante impiegassero una malta eccellente realizzata con sabbia, calce e l'aggiunta di pietrisco.

Tutto ciò spiega, almeno in parte, le ragioni dei notevoli assestamenti che si sono verificati, soprattutto nei quattro pilastri di sostegno della cupola, sia in fase di esecuzione che successivamente, anche per effetto della spinta della cupola. La deformazione dei pilastri, sebbene essi siano stati realizzati fino all'altezza dei matronei con grandi blocchi di pietra, è molto evidente: i due archi trasversali est e ovest hanno determinato una deformazione verso l'esterno dei pilastri che, in corrispondenza del piano d'imposta, raggiunge circa 60 centimetri. Questi due archi, per effetto della rotazione dei pilastri di appoggio, presentano oggi una forma diversa dal semicerchio iniziale definito dai progettisti di Giustiniano. È difficile ricostruire a quale periodo risalgono le deformazioni presenti sulle strutture di Hagia Sophia, dal momento che, come abbiamo visto, vi sono stati moltissimi interventi di ricostruzione e restauro, fra i quali merita ricordare quelli realizzati nel 1837 dagli ingegneri svizzeri Gaspare e Giuseppe Foscati sulla cupola e le colonne dei matronei, che furono riposizionate per riportarle alla loro originaria verticalità.

Anche la forma della cupola in corrispondenza dell'imposta ha subito varie modifiche a causa sia delle ricostruzioni, sia delle deformazioni dovute alle tecniche costruttive, sia del comportamento delle strutture medesime, tanto che oggi la sua pianta è più vicina all'ovale che alla circonferenza.

La conoscenza di tutti questi fenomeni di deformazione è indispensabile per comprendere le cause che li hanno prodotte, valutare lo stato del monumento e poter quindi mettere in atto interventi volti alla sua messa in sicurezza. Il quadro delle ricerche fin qui compiute sul monumento non è dei più esaltanti poiché manca di uno studio sistematico generale. Anche per quanto riguarda la forma attuale delle strutture disponiamo sì di un buon rilevamento di R.L. Van Nice, realizzato tuttavia nel lontano 1963 e con tecniche tradizionali¹⁰. Questa situazione ci ha indotto ad effettuare un parziale rilevamento delle superfici inter-

ne mediante laser scanner 3D, allo scopo di analizzare in modo puntuale la geometria delle superfici della cupola e degli arconi così da poterla confrontare con le superfici teoriche di progetto.

L'analisi dei rilevamenti con il laser scanner 3D

L'analisi della nuvola dei punti dell'intradosso della cupola, rilevati con il laser scanner 3D Cyrax 2500, mette in evidenza come il centro della struttura emisferica sia spostato verso il basso rispetto al piano di imposta. Costruendo la sfera teorica che appartiene a una serie di 112 punti scelti tra quelli giacenti sulle vele si evidenzia come essa abbia un diametro teorico di 33,40 metri, mentre il suo centro si trova più in basso del piano d'imposta di 1,97 metri, un valore più alto di quello riportato da vari autori (figg. 7-10).

Con gli stessi dati si è anche potuto accertare che il diametro della cupola al piano d'imposta è di circa 31,50 metri in direzione est-ovest, mentre risulta di 32,40 metri in direzione nord-sud e ciò conferma che i quattro pilastri sui quali si impostano i pennacchi presentano in sommità una distanza più ampia tra loro di quella alla base. Come abbiamo già detto, il quadrato di base, che ha i lati di circa 31 metri, si è modificato nel corso della costruzione sotto il peso delle strutture; tale deformazione è complessivamente di circa 0,50 metri nella direzione est-ovest, mentre raggiunge 1,40 metri in quella nord-sud.

In particolare la circonferenza teorica dell'imposta della cupola presenta notevoli scostamenti rispetto alla curva reale soprattutto nella direzione nord-sud, perpendicolare all'asse principale. Con ogni probabilità ciò è da attribuire alla maggiore rigidità strutturale indotta dalle due semicalotte che rinfiancano gli arconi est-ovest e, per quanto abbiamo già detto in precedenza, alla minore spinta degli arconi che chiudono due pareti nord e sud.

Di conseguenza l'impianto planimetrico teorico della cupola, che in origine doveva essere una circonferenza, per effetto del cedimento differenziato delle murature e della spinta della cupola in fase di costruzione ha assunto una forma ovoidale con l'asse maggiore disposto in direzione nord-sud (fig. 11).

L'analisi dell'intradosso della cupola, effettua-

the main arch above by almost ten meters. So two inclined forces, where the horizontal element has a different value, converge on each of the four piers: weaker in an EW direction and stronger in a NS direction. As we will see later, these thrusts will ultimately determine dissimilar deformations of the dome. The forces discharged by the four main arches on the piers, according to the facts cited above, are not identical and this explains the unique shape of the piers that are orthogonal compared to the church's main axis in order to contrast the two arches with the greater thrust (east and west). However, this was not enough to re-balance the entire system.

Looking at the plan of the church, it is easy to understand the designers' logic: the overall length of the piers supporting the dome, which in the meantime were reinforced, is 19 m, cutting across the entire side nave, with a width of 7.5 m created by two adjacent walls. To access the side nave, an arch cuts through the length of the pier at ground floor level and at the women's galleries.

The thrust from the dome and the four big arches with a 31 m span is mainly absorbed by the four corner piers working with the floor at ground level and roof of the women's galleries along the central nave. In order to be able to fully perform their function of contrasting the vault's thrust, the designers lengthened the external part of the four piers, which was originally shorter, up to the springing points of the dome, as shown in the drawing by Paolo Rossi (fig. 6).⁷ As a result, the dome is contrasted along the north and south sides only by the four piers, while in the direction of the church's main axis it is also contrasted by the two big structures at the end of the hemispherical vaults.

In short, along the main axis, even if the pier is shorter in this direction, the structure seems to be more balanced because the thrust of the arches on the side walls is reduced by the double overhead arch and is also counterbalanced by the two hemispherical vaults that round off the central space, each one resting on two of the main piers and two secondary piers (at the entrance pronaos and the opening of the apse).

Using this plan, Anthemius and Isidorus built

7/ Hagia Sophia, selezione sulla nuvola 3D della cupola di una serie di punti giacenti sulle vele; l'interpolazione di tali punti individua la sfera tangente all'intradosso.

Hagia Sophia, selection on the 3D cloud of the dome of a series of points situated on the areas between two ribs; the interpolation of these points pinpoints the sphere at a tangent to the intrados.

8/ Hagia Sophia, pianta della sfera teorica tangente all'intradosso della cupola; in colore più scuro i punti che non le appartengono.

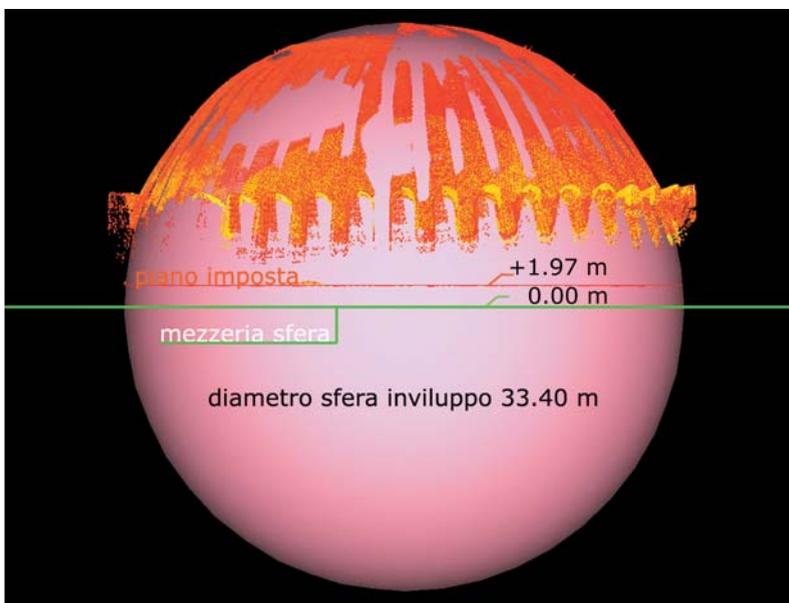
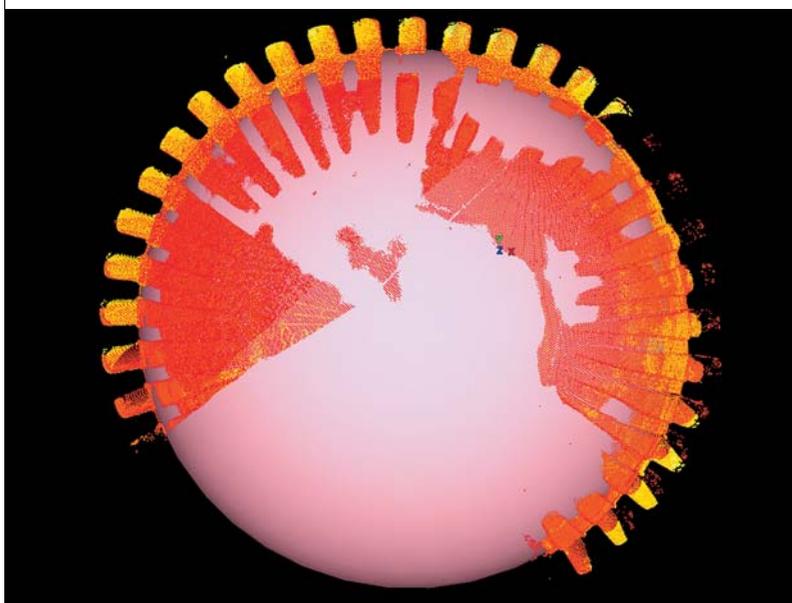
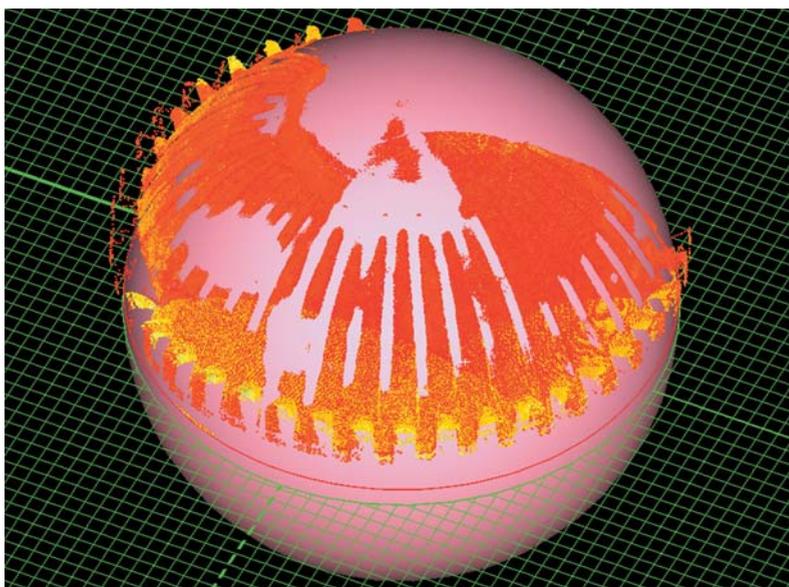
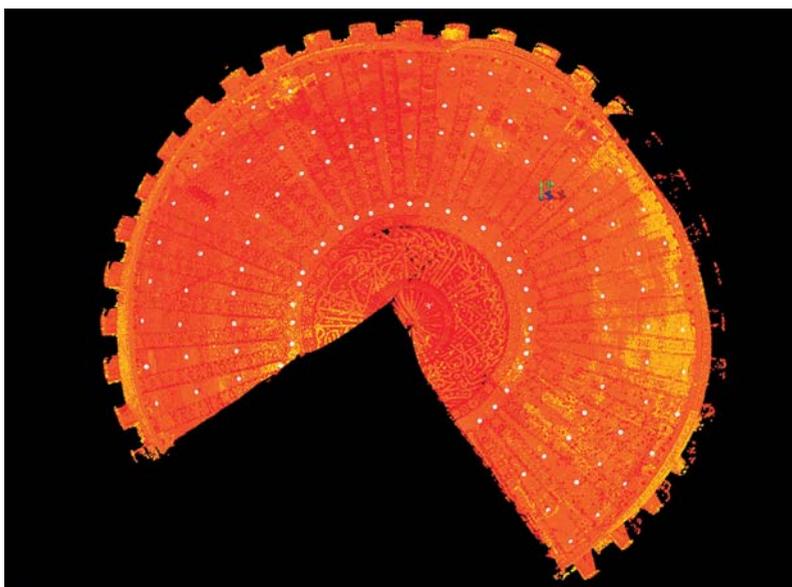
Hagia Sophia, plan of the theoretical sphere at a tangent to the intrados of the dome; the points that do not belong to it are darker in colour.

9/ Hagia Sophia, assonometria della sfera teorica tangente all'intradosso della cupola; in colore più scuro i punti che non le appartengono.

Hagia Sophia, axonometric projection of the theoretical sphere at a tangent to the intrados of the dome; the points that do not belong to it are darker in colour.

10/ Hagia Sophia, individuazione del diametro della sfera teorica tangente all'intradosso della cupola (33,40 m); il centro della sfera è posto più in basso di m. 1,97 rispetto al piano d'imposta della cupola.

Hagia Sophia, establishment of the diameter of the theoretical sphere at a tangent to the intrados of the dome (33.40 m); the centre of the sphere is 1.97m lower than the springing post of the dome.



to sia direttamente sulla nuvola dei punti, sia su NURBS ottenute sezionando orizzontalmente il modello tridimensionale, mette in evidenza le notevoli deformazioni dovute ai vari ripristini avvenuti nel corso dei secoli (fig. 12). Tale elaborazione, pur non potendo fornirci informazioni sull'intera cupola ma solo sui tre quarti, a causa della presenza di un ponteggio, ci mostra deformazioni molto accentuate lungo le linee di ricostruzione che approssimativamente seguono le diagonali del vano quadrato centrale. Particolarmente si-

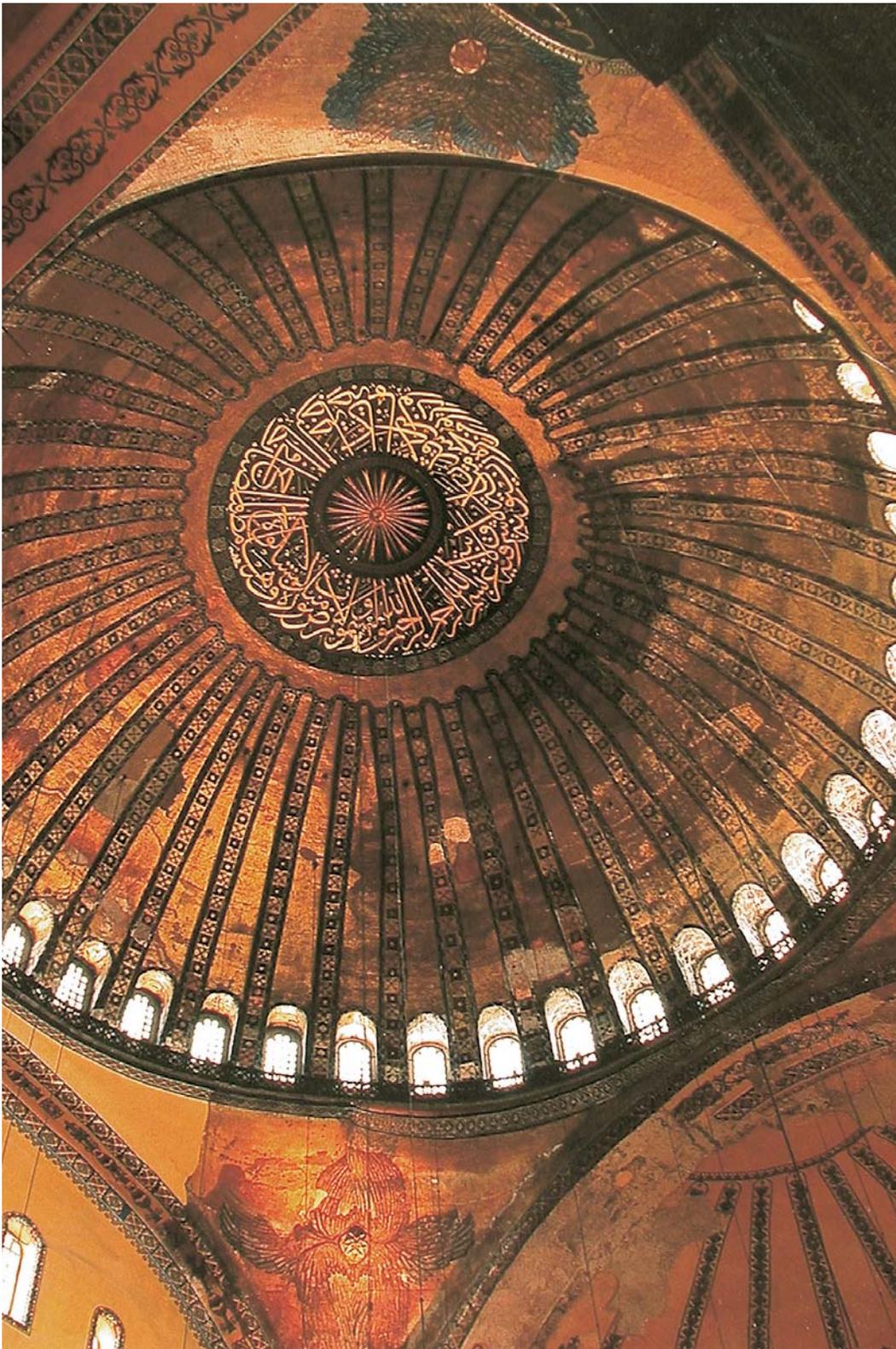
gnificative sono anche le deformazioni di alcuni costoloni, deformazioni pure attribuibili agli interventi ricostruttivi.

Nella figura 13 per evidenziare meglio gli scostamenti rispetto alla curva teorica, abbiamo sovrapposto le sezioni orizzontali dell'intradosso della volta, ottenute sezionando la nuvola dei punti con piani orizzontali, con le corrispondenti sezioni della semisfera teorica: analizzando questa immagine si può notare che le maggiori deformazioni sono concentrate in due direzioni inclinate di circa 45

an extremely light load-bearing structure compared to the covered areas. This is confirmed by the wall around the big square, which is fairly thin and densely perforated by wide windows. We can say that by concentrating the load in a few points and discharging the walls, this structural plan is a precursor of Gothic construction.

Many doubts still remain about the technique Anthemius and Isidorus used to build the roof, because if it's true that the dome has a structure with forty vaulting ribs, it's also true

11/ Hagia Sophia, veduta interna della cupola centrale.
Hagia Sophia, interior of the central dome.



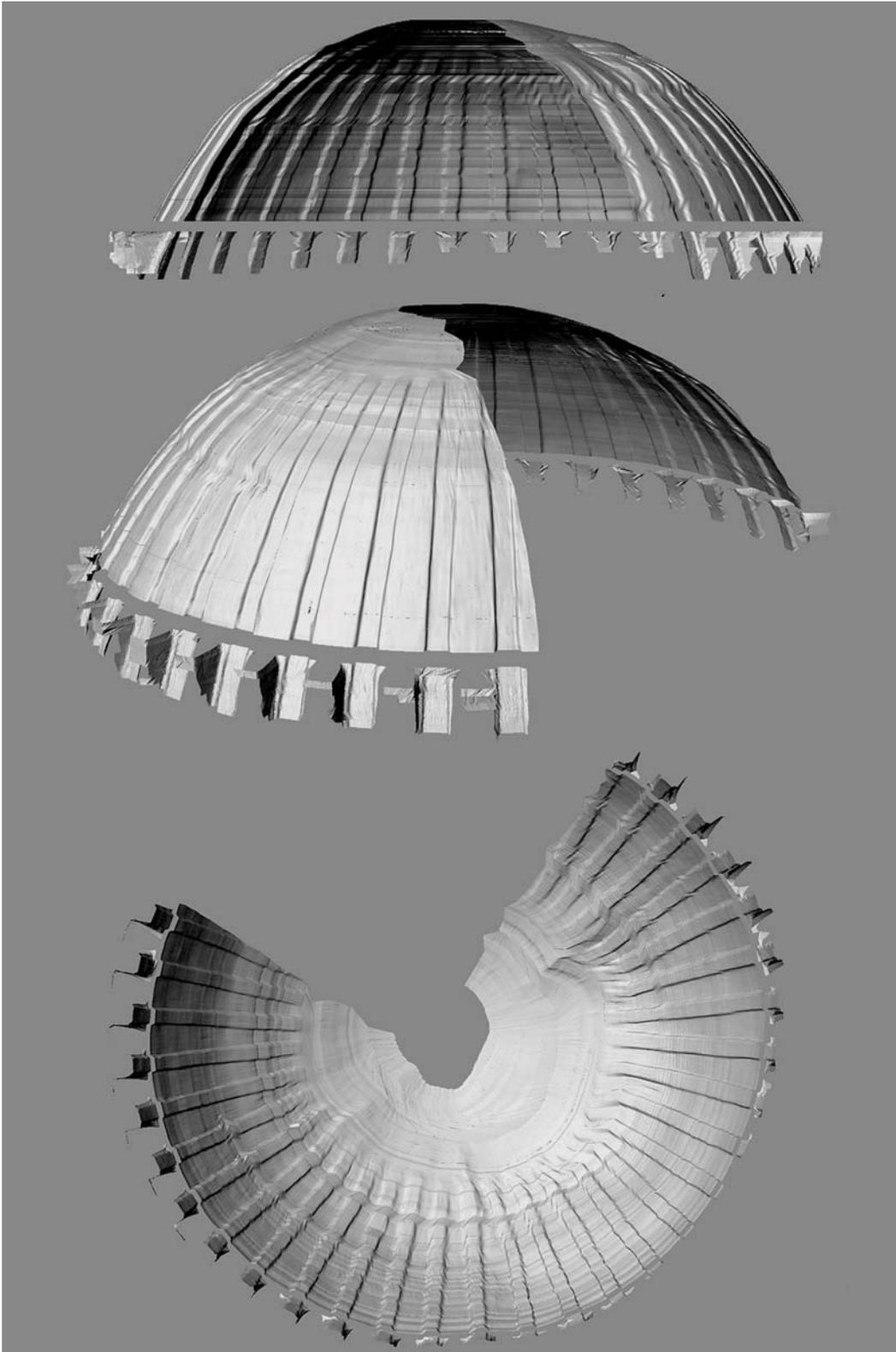
that at a certain point they disappear, swallowed into the thickness of the vault. This area, apparently without any vaulting ribs and visually similar to an upside-down bowl, is located near the keystone and measures approximately 14 m. The vaulting ribs are believed to be almost one meter thick all over. Their length, however, which is 1.5 m at the springing points, gradually decreases towards the top to approximately 0.5 m.

How were the two different vaulting ribs joined together? The most reliable answer seems to be the one proposed by Piero Sanpaolesi.⁸ He wrote that while the vaulting ribs were being built they were joined together by small, very shallow arched vaults built using the “Egyptian horizontal arch” technique. In fact, the advantage of this technique was that it did not need extensive centering for the entire surface of the dome, but only for the vaulting ribs. Another technique must have been used for the crown which was certainly built using centering, probably supported by the springing point, given its great distance from the floor (over 50 meters).

The dome collapsed for the first time in 558 A.D. and was completely rebuilt in 563 A.D. Historical sources say that on this occasion, the roof was built with a different curvature to the original one which was shallower by 6 m. Since the shape of the dome is now very similar to half a sphere, with the centre approximately 7.93 m below the springing point and, as far as we know, the springing point has not been changed, then it is probable that the earlier dome was hemispherical, but had a lower centre of curvature than the present one. According to Mario Salvadori,⁹ the thrust of the new dome is 30% less than that of the earlier dome and this obviously makes it safer. Another collapse after the 989 A.D. earthquake affected the main west arch at the entrance to the church and the corresponding part of the central dome. During reconstruction, the huge buttresses that continue to disfigure the two facades were built near the north and south corners. However, in the space of a few short years these buttresses proved to be useless. In 1346 A.D. another earthquake destroyed part of the main east arch. Once again, the arch was repaired and

12/ Hagia Sophia, elaborazione della nuvola di punti dell'intradosso della cupola mediante sezioni elaborate come superfici NURBS, al fine di mettere in risalto le deformazioni.

Hagia Sophia, processing of the points cloud of the intrados of the dome using sections elaborated as NURBS surfaces in order to highlight the deformations.



about a quarter of the dome rebuilt.

These and other works carried out over the centuries are still visible in the intrados of the dome where some parts are obviously different in height.

Structural deformations

Undoubtedly, Byzantine building techniques played an important role in the deformations that affect the main structures of Hagia Sophia. The vertical wall structures were largely built in brick and only partially with stone blocks or granite columns. This alternation of rigid elements such as the granite columns, and more deformable walls, such as those in brick, created many problems to the load-bearing structures and these problems were compounded by the building techniques used. It must also be noted that the Byzantines used alternate layers of brick and very thick mortar joints (up to 5 or 6 cm, equal to the thickness of the brick). This made the drying time longer, but above all it produced a considerable reduction in volume, despite the fact they used an excellent mortar of sand, lime and crushed stone.

All this partly explains the reasons for the substantial adjustments that took place, especially in the dome's four supporting piers, both during their construction and afterwards, also due to the thrust of the dome. Even if the piers were built with large stone blocks up to the women's galleries, their deformation is still very visible: the two east and west transverse arches have caused an outwards deformation of the piers which, at the springing points, is now approximately 60 cm. Due to the rotation of the supporting piers, the shape of these two arches is currently different from the initial semicircle planned by Justinian's designers. It's difficult to determine when the structural deformations in Hagia Sophia occurred because, as mentioned earlier, the structure was repaired and rebuilt many times. One of the most important restorations was carried out in 1837 by two Swiss engineers Gaspard and Giuseppe Fossati who worked on the dome and columns of the women's galleries which were repositioned in order to re-establish their original verticality.

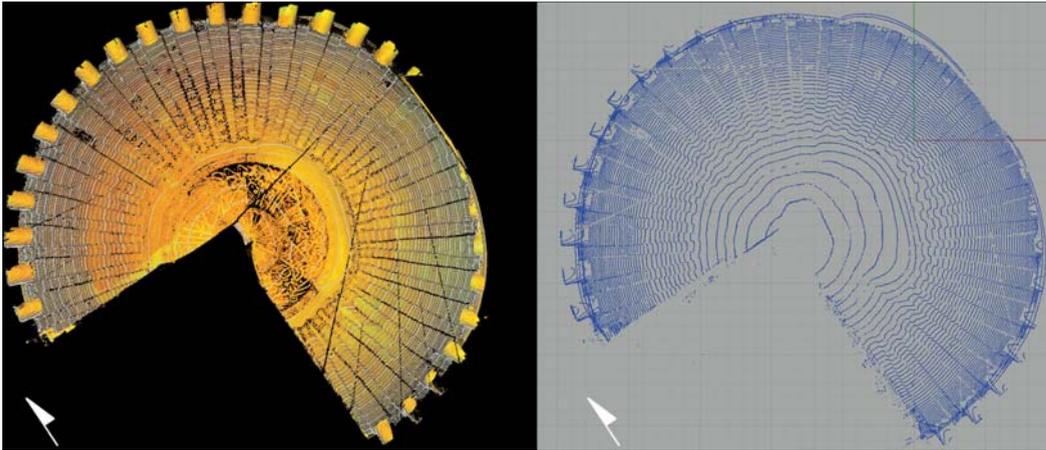
Even the shape of the dome at the springing

13/ Hagia Sophia, raffronto tra la nuvola dei punti dell'intradosso e le sue sezioni orizzontali con dei piani orizzontali a intervalli predefiniti. Si osservino le deformazioni.

Hagia Sophia, comparison between the points cloud of the intrados and its horizontal sections and the horizontal sections at predefined intervals. Note the deformations.

14/ Hagia Sophia, sezioni orizzontali dell'intradosso della cupola a raffronto con le circonferenze teoriche. Si notino gli scostamenti tra le sezioni reali e le curve teoriche.

Hagia Sophia, horizontal sections of the dome's intrados compared to the theoretical circumferences. Note the differences between the real sections and the theoretical curves.



gradi rispetto all'asse principale est-ovest; ciò evidenzia in modo straordinario la ricostruzione di circa un quarto della cupola avvenuta nel 1346 dopo il crollo determinato dal terremoto.

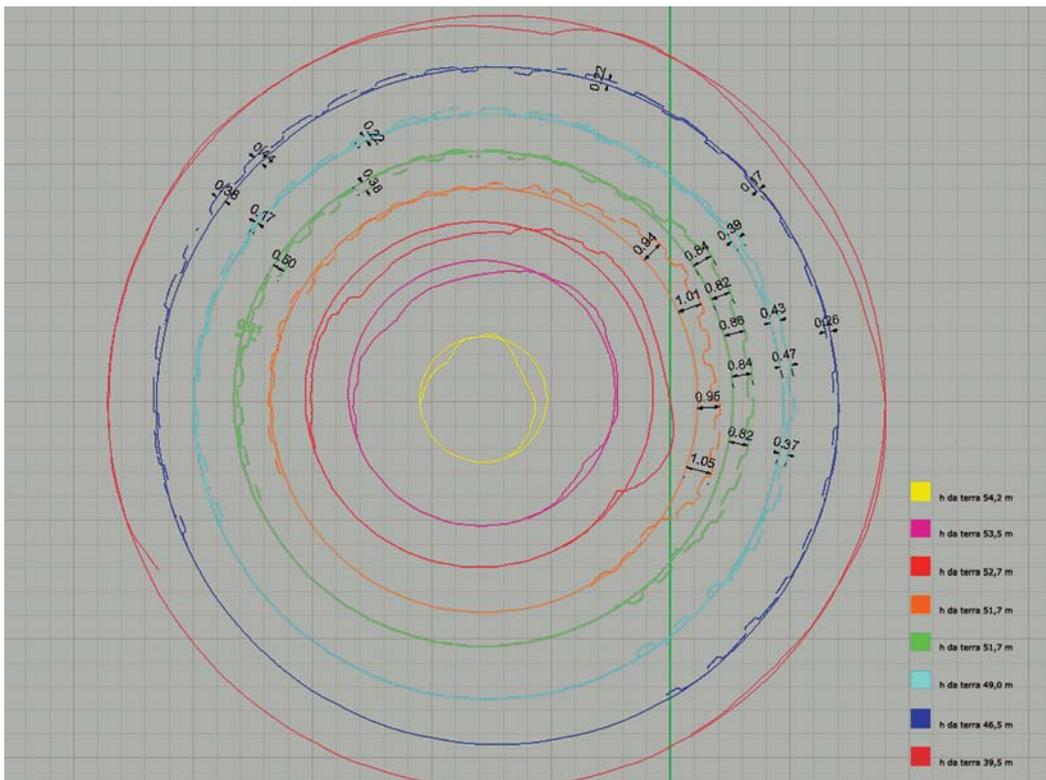
Come si può osservare gli scostamenti tra le due curve sono notevoli tanto da raggiungere in alcuni punti gli 80-100 centimetri (fig. 14). Tuttavia, a questo proposito va detto che, come mostrano le sezioni verticali, gli scosta-

menti sono più accentuati intorno ai paralleli mediani (circa alle reni della cupola), mentre planimetricamente le deformazioni maggiori si riscontrano lungo le due diagonali che delimitano il quarto di cupola in prossimità dell'arcone est, vale a dire nella zona del rifacimento risalente al 1346. Questa circostanza potrebbe far pensare che la mancanza di un quarto di cupola seguita al terremoto abbia accentuato la distanza tra le pareti nord e sud e

points underwent changes due to the reconstruction work, the deformations caused by the building techniques and the behaviour of the structures themselves. In fact, today the plan is closer to an oval than a circumference. It is crucial to collect information about all these deformations in order to understand what caused them, assess the condition of the monument and be able to implement earthquake protection measures. The research carried out up to now is not outstanding. What is missing is an all-purpose systematic study. It's true that we do have a good survey of the present shape of the structure carried out by R.L. Van Nice back in 1963, but he only used traditional methods.¹⁰

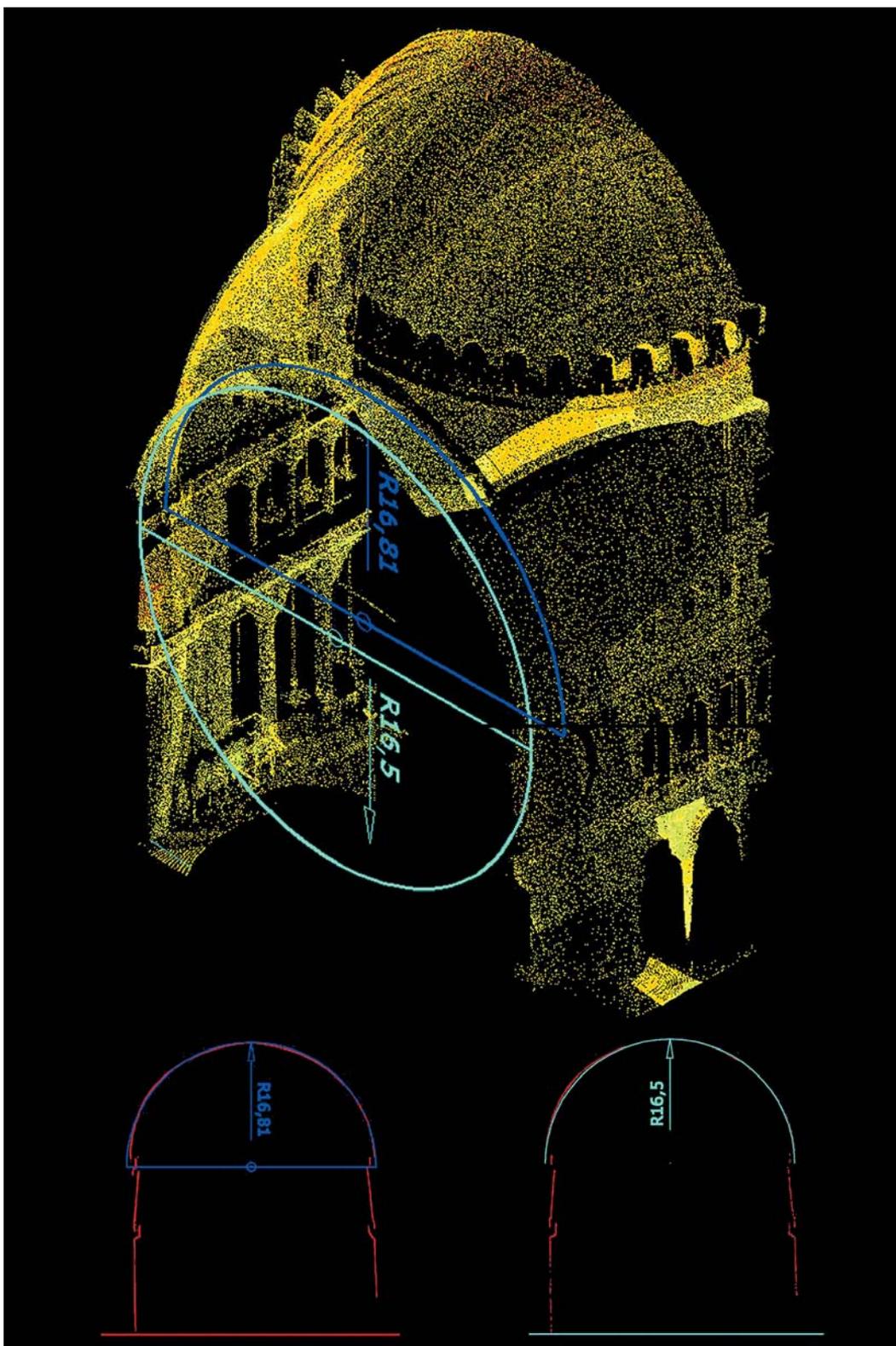
This prompted us to carry out a partial survey of the interior surfaces using a 3D laser scanner to carry out a detailed analysis of the geometry of the surfaces of the dome and the main arches and compare it with the theoretical surfaces of the project.

The analysis of the 3D laser scanner survey
The analysis of the points cloud of the intrados of the dome surveyed with the 3D Cyrax 2500 laser scanner highlights how the centre of the hemispherical structure is now lower than the springing point. The theoretical sphere that is created by using a series of 112 points chosen from those on the areas between two ribs shows the theoretical diameter to be 33.40 m, while the centre point is 1.97 m lower than the springing point. This value is higher than the one reported by other authors (figs. 7-10). The same data confirmed that the diameter of the dome at the springing point was approximately 31.50 m in an EW direction and 32.40 m in a NS direction. This confirms that the four piers from which the pendentives start are wider at the top than at the base. As mentioned earlier, the base square with its 31 m sides changed during construction because of the weight of the structure. This deformation has an overall measurement of approximately 0.50 m in an EW direction and 1.40 m in a NS direction. In particular, the theoretical circumference of the springing point of the dome has deviated considerably compared to the real curve, above all in the NS direction, perpendicular to the main axis. Very probably



15/ Hagia Sophia, assonometria della nuvola dei punti dell'arcone est. Come si può osservare l'intradosso dell'arcone è una superficie rigata che ha come direttrici due circonferenze, una con raggio di metri 16,81 e l'altra con raggio di metri 16,50.

Hagia Sophia, axonometric projection of the points cloud of the east main arch. Note that the intrados of the main arch is a lined surface that has two circumferences as its directrices: one with a 16.81 m radius and the other with a 16.50 m radius.



this is caused by the greater structural rigidity caused by the two half domes that laterally support the main EW arches and, based on what has been said earlier, the reduced thrust of the main arches that close the NS wall. Consequently, due to the differentiated damping of the walls and the thrust of the dome during construction, the theoretical planimetric layout of the dome which would originally have been a circumference became ovoid, with its main axis in a NS direction (fig. 11).

The analysis of the intrados of the dome was carried out directly on the points cloud as well as on the NURBS obtained by horizontally sectioning the three dimensional model. It highlights the extensive deformations caused by the many reconstructions that took place over the centuries (fig. 12). Even if this elaboration can provide us with information only on three quarters of the dome and not the entire dome because of the scaffolding, it does show us the very conspicuous deformations along the reconstruction lines corresponding roughly to the diagonals of the main square space. The deformations of some of the main arches are particularly important and are also caused by the reconstruction work.

In fig. 13 we superimposed the horizontal sections of the intrados of the vault on the corresponding sections of the theoretical sphere to better highlight the deviations of the theoretical curve. The horizontal sections were obtained by selecting the points with horizontal planes. This image shows that the chief deformations are concentrated in two directions that are at approximately 45° compared to the main EW axis. This is clear proof of the reconstruction of about a quarter of the dome that took place in 1346 after nearly a quarter of the dome was destroyed by the earthquake.

There are considerable deviations between the two curves, at some points up to 80-100 cm (fig. 14). However, the vertical sections demonstrate that the deviations are more prominent around the median parallels (i.e. approximately at the reins of the dome), while from a planimetric point of view, the deformations are greater along the two diagonals that delimit the quarter of the dome

16/ Hagia Sophia, prospetto della parete nord del vano centrale, con a fianco i due arconi ovest ed est. Si osservi l'andamento inclinato dell'intradosso dei due arconi.

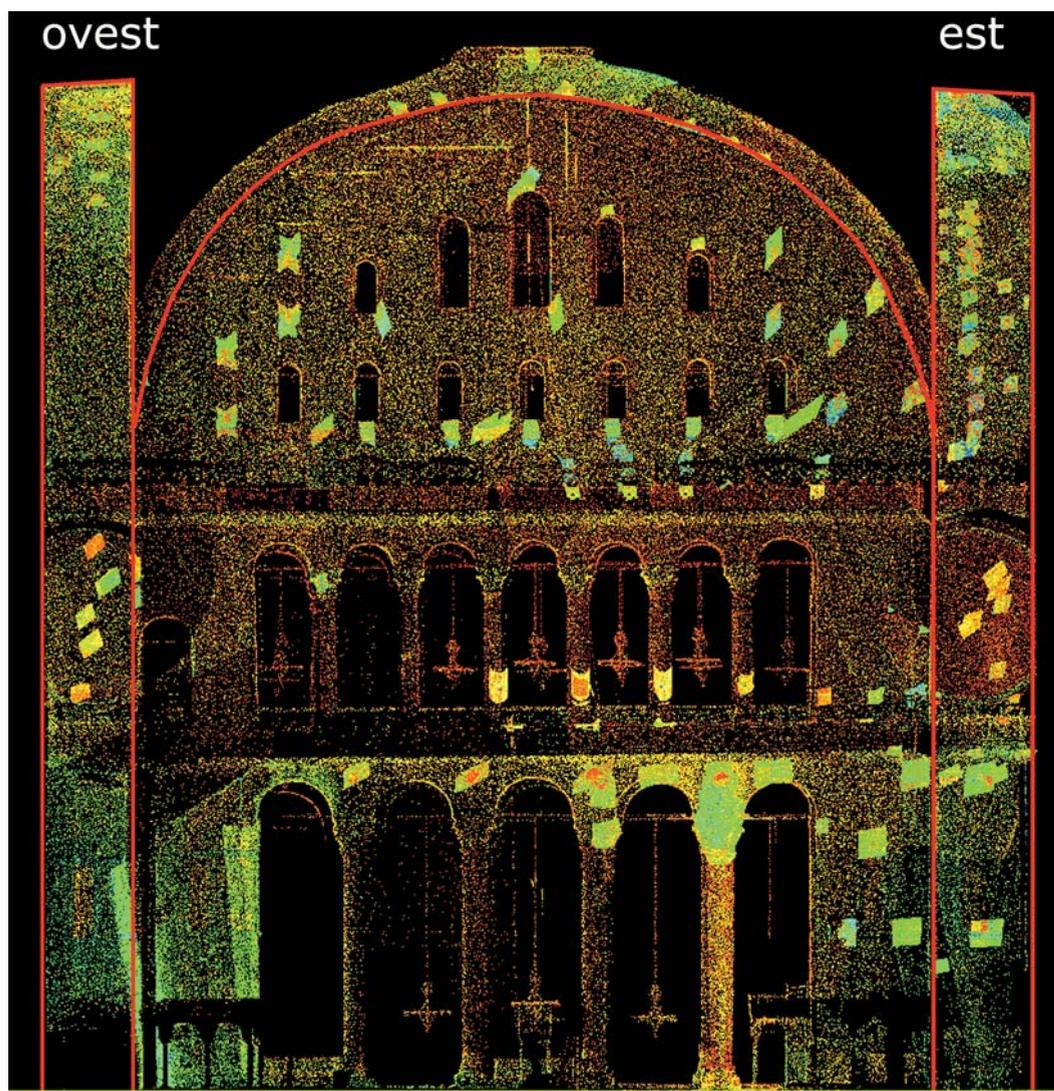
Hagia Sophia, view of the north wall of the central section with the respective west and east main arches.

Note the inclined slope of the intrados of the two main arches.

che ricostruendo la porzione di cupola crollata si sia realizzato un raccordo che ha determinato un nuovo assetto della sua imposta. Ovviamente si tratta solo di ipotesi di interpretazione dei valori di deformazione rilevati. Il raffronto tra le sezioni orizzontali elaborate dalla nuvola di punti e le analoghe sezioni realizzate nel 1990 per via fotogrammetrica dai giapponesi K. Hidaka e T. Sato evidenzia che i dati derivati dallo scanner laser rendono con maggiore esattezza e puntualità le deformazioni subite dalla cupola¹¹. Il rilevamento dei due arconi liberi, a est e ovest, ha messo in evidenza una particolarità fino a oggi non notata: l'intradosso dell'arco non è costituito da un

semicilindro circolare retto, ma da un semitronco di cono circolare (come si può osservare nelle figure 15 e 16). La superficie dell'intradosso, infatti, ha come direttrice due semicerchi di diverso raggio, quello più grande di raggio 16,81 metri verso la grande cupola, mentre quello più piccolo di raggio 16,50 metri verso l'esterno (vale a dire verso l'abside per l'arcone est e verso il narthecé d'ingresso per quello ovest).

I progettisti, consci di dover raccordare due spazi di diversa altezza, hanno utilizzato un correzione percettiva per rendere meno rigido il passaggio. Per comprendere meglio questo aspetto si osservi il prospetto della parete nord,



near the main east arch, in other words in the area reconstructed in 1346. This could lead one to suppose that the missing quarter of the dome destroyed by the earthquake increased the distance between the north and south walls and that by rebuilding the collapsed part of the dome its springing point changed. Obviously, this is only a hypothetical interpretation of the deformation values that were surveyed.

The comparison between the horizontal sections elaborated from the points and the comparable sections photogrammetrically obtained in 1990 by the Japanese K. Hidaka and T. Sato, proves that the laser scanner data shows the deformations of the dome with greater accuracy and precision.¹¹

The survey of the two free-standing arches to the east and west has highlighted a detail as yet unknown: the intrados of the arch is not an exact circular semicylinder, but a semicircular cylinder (as shown in figs. 15, 16). In fact, the directrices of the surface of the intrados has two semicircles with different radii: the bigger semicircle has a 16.81 m radius towards the great Dome, while the smaller one has a 16.50 m radius towards the exterior (in other words towards the apse for the main east arch and towards the entrance narthecé for the west main arch).

The designers were well aware they had to join the two areas of different heights and soften the impact, so they made this correction by using a perceptive stratagem. To understand this better, examine the north wall where the two main arches are shown in elevation and where it's possible to see the way it was achieved.

The analysis of the north wall, just like the parts of the dome that were studied, underscores how it was affected by a considerable outwards thrust. This phenomenon can be seen even from the oriented elevation of the points cloud (fig. 17). Among other things, the vertical section shows a progressive upwards deformation compared to the vertical. There seems to be less deformation in the part between the ground floor and the roof cornice of the women's galleries (0.66 m). Instead, the deviation between the plumb-line of the springing point of the dome and the ground is approximately one meter (fig. 18). Two sections of the upper

17/ Hagia Sophia, nuvola di punti della parete nord elaborata in forma di prospetto. Sulla destra una sezione verticale evidenzia la deformazione verso l'esterno nella parte alta della parete per circa un metro. *Hagia Sophia, points cloud of the north wall elaborated as an elevation. To the right, a vertical section highlights the approximately one meter external deformations in the upper part of the wall.*

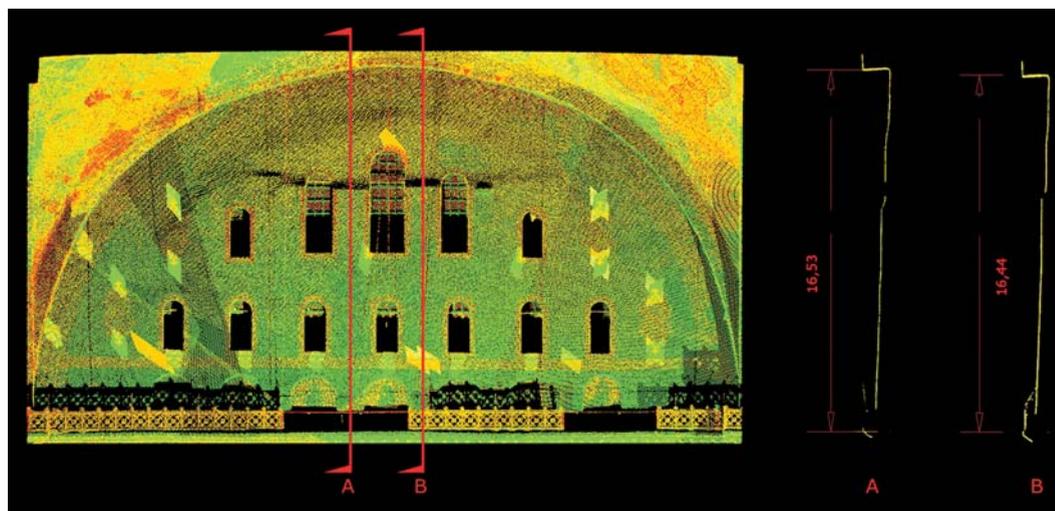
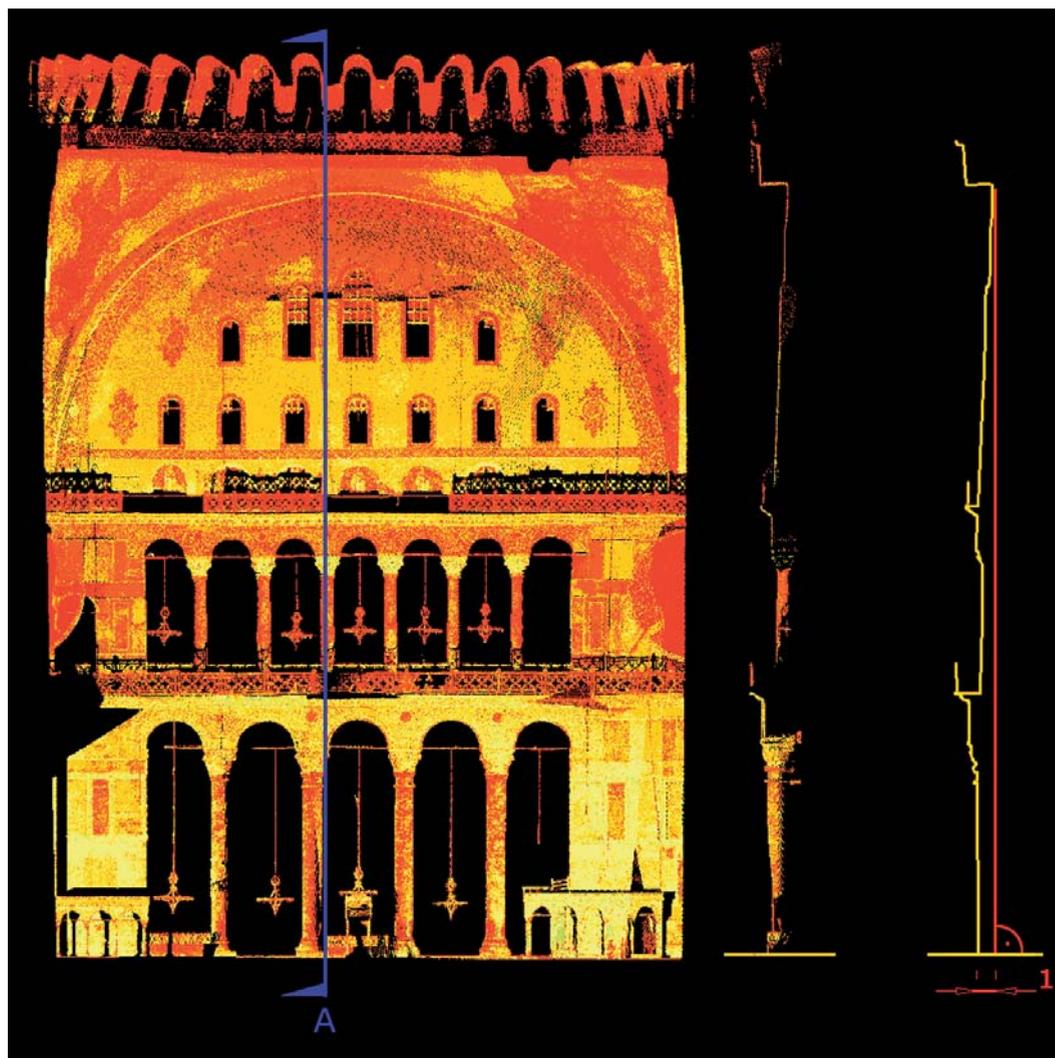
18/ Hagia Sophia, nuvola di punti della parte superiore della parete nord elaborata in forma di prospetto. La parete è tagliata da due sezioni verticali, i cui profili sono riportati nella parte destra. La deformazione della parte superiore della parete è di circa 0,60 metri. *Hagia Sophia, points cloud of the upper part of the north wall elaborated as an elevation. The wall is divided by two vertical sections. Their profiles are shown on the right. The deformation of the upper part of the wall is approx. 0.60 m.*

dove sono riportati in sezione i due arconi e dove è percepibile l'artificio costruttivo.

L'analisi della parete nord, concordemente con quanto esaminato a livello della cupola, evidenzia come essa abbia subito una notevole spinta verso l'esterno, tanto che tale fenomeno risulta visibile anche dal prospetto orientato della nuvola dei punti (fig. 17). La sezione verticale mostra tra l'altro una progressiva deformazione dal basso verso l'alto rispetto alla verticale: la deformazione appare più contenuta nel tratto che va dal piano del pavimento fino alla cornice di copertura dei matronei (0,66 metri), mentre il fuori piombo dal piano d'imposta della cupola fino a terra è di circa un metro (fig. 18). Due sezioni realizzate nella parte superiore della parete nord evidenziano, subito sopra l'architrave dell'ultimo ordine di finestre, una deformazione talmente forte da venir registrata e percepita anche nella nuvola di punti rilevati sulla superficie di questa parete.

In conclusione possiamo dire che il rilevamento con il laser scanner delle superfici interne di Hagia Sophia, come mostrano le analisi da noi eseguite, ha fornito nuove e più accurate informazioni rispetto al passato, evidenziando in modo puntuale le deformazioni e le anomalie. Questi risultati, pur di per sé molto significativi, non consentono da soli di avanzare nuove ipotesi sulle cause che hanno determinato le deformazioni strutturali, tuttavia fanno intravedere il risultato che si potrebbe ottenere con un rilevamento complessivo di Hagia Sophia, comprendente tanto le superfici interne che quelle esterne, realizzato con le strumentazioni laser. Ci auguriamo, pertanto, di poter portare a compimento questo lavoro così da riuscire a presentarne organicamente i risultati. Per il momento, i dati fin qui raccolti ci consentono di orientare meglio le ulteriori indagini necessarie per arrivare a quella conoscenza profonda dell'opera, che consentirà di delineare un intervento di consolidamento e di restauro conservativo tale da assicurare ancora una lunga vita al monumento più significativo del grande Giustiniano.

□ Mario Docci – Dipartimento di Rilievo, analisi e disegno dell'ambiente e dell'architettura, Università degli Studi di Roma «la Sapienza»



1. Il riferimento è al Tempio di Salomone a Gerusalemme, distrutto dai Romani, famoso in tutto il mondo orientale per secoli come Tempio dell'Ebraismo.

2. Procopio, Proemio a *Degli edifici di Giustiniano*, tradotto da Benedetto Egio da Spoleto, in *Vinegia* per Michele Tramezino, 1547.

3. Piero Sanpaolesi; *La chiesa di Santa Sophia a Costantinopoli*, Roma, Officina, 1978, p. 125.

4. In realtà, alla quota del pavimento il vano centrale misura 32,75 metri in larghezza e 30,95 metri nella direzione dell'asse maggiore. Questa differenza non è stata ancora chiarita, ma è probabile che si tratti di un accorgimento ottico, messo in atto dai progettisti per rendere più ampia la basilica dal punto di vista percettivo.

5. Da quanto abbiamo potuto verificare il lato del vano centrale è un quadrato che misura 30,95 metri, ma il filo delle due pareti nord e sud è arretrato, rispetto allo spigolo dei pilastri, di circa 0,90 metri, pertanto la larghezza reale del vano centrale all'altezza del pavimento è di 32,75 metri.

6. Nel corso dei secoli sono stati eseguiti numerosi rilievi di Hagia Sophia. Tra i più significativi ricordiamo quello di Giuliano da San Gallo del 1463 nel *Codice vaticano urbinato* e, in epoca moderna, quelli di Van Nice, del Mainstone, dei giapponesi K. Hidaka e T. Sato e il nostro.

7. I disegni redatti dell'amico Paolo Rossi per la realizzazione del citato libro di Piero Sanpaolesi sulla chiesa di Santa Sophia a Costantinopoli, costituiscono un apparato di rara efficacia per esplicitare in modo sintetico, un monumento molto complesso.

8. Piero Sanpaolesi, *op. cit.*, pp. 168-170.

9. Mario Salvadori, *Perché gli edifici stanno in piedi?* Milano, Bompiani, 1990, p. 294.

10. I rilevamenti e gli studi di R.L. Van Nice sono stati pubblicati in *The Structure of St. Sophia*, in «Architectural Forum», maggio 1963. Lo stesso autore ha pubblicato un altro saggio sullo stesso tema: *St. Sophia in Istanbul. An Architectural Survey*, Washington, 1965.

11. Questo articolo è stato possibile grazie alla missione effettuata a Istanbul nell'ambito del Progetto *Unimed Cultural Heritage 2*. I rilievi sono stati eseguiti da Carlo Bianchini e Priscilla Paolini i loro risultati sono pubblicati nell'articolo precedente. Le elaborazioni dei rilevamenti con il laser scanner sono stati eseguiti da Priscilla Paolini e Carlo Bianchini con il contributo di Alfonso Ippolito. A loro va il più sentito ringraziamento per l'impegno profuso, per la collaborazione offerta alla stesura di questo articolo e per aver sopportato tutte le mie richieste di cambiamenti delle immagini che lo illustrano.

part of the north wall show a deformation immediately above the architrave of the last row of windows. This deformation is such that it is recorded and visible even in the points cloud surveyed on the surface of this wall. Summing up, we can say that the laser scanner survey carried out on the interior surfaces of Hagia Sophia, as shown by our analyses, has provided new and more accurate information compared to the past, highlighting the deformations and anomalies with more accuracy. Even if these results are important, they do not allow us to put forward new hypotheses on the causes of these structural deformations. However, they do show what type of results could be obtained from a complete laser survey of Hagia Sophia, including both the interior and exterior surfaces. Therefore, we hope that this work can be carried out in order to be able to present a full set of results. For the time being, the data collected so far allows us to accurately determine what further studies are needed to provide a comprehensive understanding of the building. This will lead to the definition of the work still to be carried out in order to protect and fully restore Hagia Sophia and ensure long life to the most important work of the great Emperor Justinian.

1. The reference is to Solomon's Temple in Jerusalem destroyed by the Romans. For centuries, it was considered throughout the East as the Temple of Judaism

2. Procopius, Poemio degli edifici di Giustiniano, (Introduction to Justinian's Buildings) translated into Italian by Benedetto Egio da Spoleto, in Vinegia for Michele Tramezino, 1547.

3. Piero Sanpaolesi, La Chiesa di Santa Sophia a Costantinopoli, Rome, Officina Edizioni, 1978, p.125.

4. In fact, the central hall at ground level is 32.75 meters wide and 30.95 meters along its main axis. This difference has not yet been explained, but probably it is an optical correction used by the designers to make the basilica look wider.

5. From what we could see, the side of the central hall is a square 30.95 meters long, but the edge of the two north and south walls are 0.90 meters further back compared to that of the piers. Therefore the real width of the central hall at ground level is 32.75 meters and its length is 30.95 meters.

6. Over the centuries, there have been many surveys of Hagia Sophia. The most important ones are the 1463 survey by Giuliano da San Gallo in the Codice vaticano urbinato, and, more recently, the surveys by Van Nice, Mainstone, the Japanese K. Hidaka e T. Sato, as well as our own.

7. The drawings done by Paolo Rossi, a friend of mine, for a book of Piero Sanpaolesi, for the book on the church of Hagia Sophia in Constantinople, are a rare example of how to illustrate such a complex monument in a simple manner.

8. Piero Sanpaolesi, op. cit., p.168-170.

9. Mario Salvadori, Perché gli edifici stanno in piedi? (Why do buildings stand up?) Milan, Bompiani, 1990, p. 294.

10. The surveys and studies by R.L. Van Nice were published in The Structure of St. Sophia, in "Architectural Forum," May 1963. The author also published another article on the same subject: St. Sophia in Istanbul. An Architectural Survey, Washington, 1965.

11. This article was possible thanks to the study mission in Istanbul in the framework of the Unimed Cultural Heritage 2 Project. The surveys were performed by Carlo Bianchini and Priscilla Paolini. The results have been published in the previous articles. The processing of the surveys with the laser scanner was carried out by Priscilla Paolini and Carlo Bianchini with the contribution of Alfonso Ippolito. I would like to thank them for their dedication, for their help in the drafting of this article and for having put up with all my requests for changes in the accompanying illustrations.

Pio Baldi, Margherita Guccione, Erilde Terenzoni

Archivi per l'architettura moderna e contemporanea

L'istituzione, nell'ambito del Ministero per i beni e le attività culturali, di una Direzione generale per la tutela del contemporaneo segna una svolta significativa nelle vicende del patrimonio culturale italiano.

L'intenzione di intervenire sul contemporaneo prima o nel momento stesso in cui diventa «storico» è un segno di sensibilità verso quello che gli storici di tutti i settori hanno più volte indicato come il problema del XXI secolo in relazione alla documentazione e alla storia in generale: la dispersione della memoria, o delle memorie.

A partire da un ormai famoso libro curato da Tullio Gregory, *L'eclissi della memoria* (Bari, Laterza, 1997), la questione di salvaguardare le testimonianze della vita e della civiltà contemporanee, affidate a supporti riscrivibili e sensibilissimi, consumate a velocità crescente, staccate senza metodo e di conseguenza introvabili anche se a portata di mano, è diventato un nodo centrale per gli studiosi in tutti i campi. Il fatto di produrre e possedere enormi quantità di informazioni si trasforma in un *handicap* per i ricercatori e gli utenti se il processo di formazione degli archivi non è governato e non sono rese pubbliche le chiavi di ricerca. Dunque, senza un «progetto per la memoria» il rischio di perdere le informazioni necessarie alla conoscenza e alla storia del secolo in corso è sempre più concreto e senza una sistematica organizzazione dei contenuti i dati non riveleranno le notizie che racchiudono.

Nello scenario che si delinea un ruolo importante è riservato agli archivi di architettura, punti di accumulo di memorie, ordinate o non, prodotte da singoli personaggi, gruppi o strutture private e pubbliche, il cui lavoro ha contribuito a disegnare lo spazio in cui agiamo, a ripensare e a volte modificare anche gli stili di vita di gruppi sociali.

IL MAXXI

È già operante a Roma il *Centro di documentazione degli archivi di architettura*, che cura le attività di conservazione e valorizzazione del patrimonio archivistico. Il *Centro di documentazione* occupa temporaneamente un intero piano del Museo Andersen, nella palazzina di via Pasquale Stanislao Mancini, in attesa della prossima realizzazione del Museo del

l'architettura del XXI secolo (MAXXI), a via Guido Reni, su progetto dell'architetto iracheno Zaha Hadid.

Nella sede provvisoria hanno trovato collocazione gli archivi di Carlo Scarpa (solo in parte), Aldo Rossi, Enrico Del Debbio, Vittorio De Feo e Sergio Musmeci.

Questa iniziativa anticipa le attività del MAXXI avviando un lavoro sistematico sugli archivi acquisiti al patrimonio museale. Infatti l'attività documentaria è uno dei settori di attività del prossimo Museo nazionale di architettura, che intende lavorare in due direzioni principali. La prima è legata alla diffusione delle linee della ricerca architettonica, per rispondere alla domanda di conoscenza del grande pubblico sui temi della costruzione dello spazio contemporaneo. L'altra è appunto rivolta alla documentazione e valorizzazione dell'architettura del Novecento, sotto il duplice profilo della conoscenza e della salvaguardia tanto delle opere realizzate quanto dei fondi archivistici significativi.

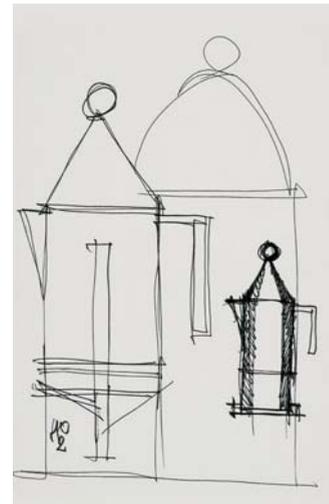
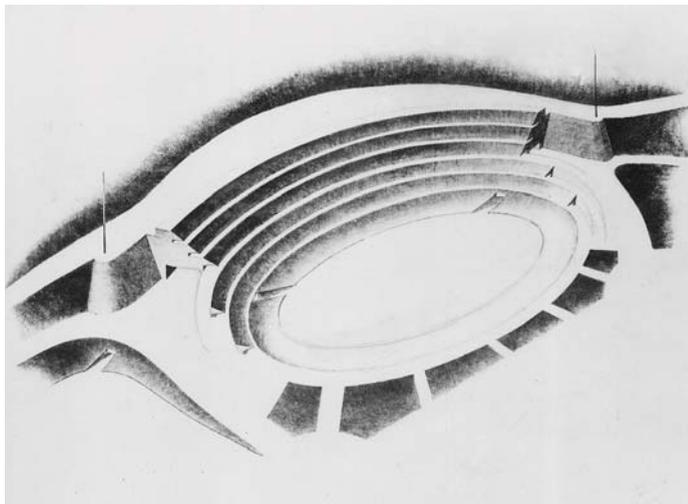
È evidente che esiste un ampio campo di sovrapposizione tra questi due filoni di attività, essendo gli archivi i luoghi in cui si depositano informazioni primarie su opere spesso inedite. È da sottolineare in questa sede che tale settore raccoglie l'eredità di un lavoro sugli archivi di architettura che ha visto in prima linea il Ministero per i beni e le attività culturali, con i progetti pilota della Soprintendenza archivistica per il Lazio e le iniziative dell'Archivio centrale dello Stato. In questa otti-

Archives for modern and contemporary architecture

The decision by the Ministry for Fine Arts & Cultural Affairs to establish a Directorate for the conservation of contemporary art works is an important turning point in the management of Italy's cultural patrimony.

The Ministry's intention to manage contemporary art before, or when, it becomes "historical", shows it understands what historians in all fields have often indicated as being the problem of the twenty-first century as far as documentation and history in general are concerned: the dispersion of memory, or memories.

*Ever since the publication of the well-known book edited by Tullio Gregory, *L'eclissi della memoria* (*The eclipse of memory*, Bari, Laterza, 1997), the problem of safeguarding the evidence and proof of our contemporary life and civilisation has become a core issue for scholars in all fields. The evidence is stored on very fragile material tools that can be overwritten, consumed in all haste, stocked aimlessly and therefore difficult to find even if under one's nose. The fact we produce and possess an enormous amount of information becomes a handicap for researchers and users without proper management of the archives and without making the research key public. So, without a "project for memory", there is an increasingly tangible risk of losing the information we need to understand history*



1/ *Pagina precedente*. Enrico Del Debbio, progetto per lo stadio olimpico, 1932 (Archivio Del Debbio, DARC, Roma).

Previous page. *Enrico Del Debbio, project for the Olympic stadium, 1932 (Del Debbio Archives, DARC, Rome).*

2/ *Pagina precedente*. Aldo Rossi, caffettiera la "conica" per Alessi, disegno, 30 X 21 (Archivio Rossi, DARC, Roma). Previous page. *Aldo Rossi, the "cone" coffee pot for Alessi; drawing, 30 x 21 (Rossi Archives, DARC, Rome).*

3/ Carlo Scarpa, progetto per il padiglione del Venezuela ai Giardini della Biennale, alzato e studi di pannello; grafite su carta vegetale, 375 X 573 (Archivio Scarpa, DARC, Roma).

Carlo Scarpa, project for the Venezuela Pavilion in the Gardens of the Biennale, elevation and studies of panels; graphite on vegetal paper, 375 x 573 (Scarpa Archives, DARC, Rome).

4/ Vittorio De Feo, mensa sette sale (Archivio De Feo, DARC, Roma).

Vittorio De Feo, dining hall seven rooms (De Feo Archives, DARC, Rome).

5/ Sergio Musmeci, ponte sul fiume Lao, struttura molecolare (Archivio Musmeci, DARC, Roma). *Sergio Musmeci, bridge on the river Lao, molecular structure (Musmeci Archives, DARC, Rome).*

ca nel 2002 la Direzione generale per l'architettura e l'arte contemporanee (DARC) ha siglato con la Direzione generale per gli archivi un *Piano nazionale per la salvaguardia degli archivi di architettura*¹, che permetterà di programmare in modo congiunto interventi di salvaguardia e promozioni sul territorio, con l'aiuto delle rispettive soprintendenze.

Il *Piano nazionale*, così come altri analoghi accordi con i maggiori istituti di conservazione di documenti di architettura, nasce dal riconoscimento di una particolarità della tradizione italiana di conservazione del patrimonio culturale, molto rappresentata nel settore degli Archivi, legata al territorio e alle specifiche realtà istituzionali e locali: una spontanea «multipolarità» di centri di conservazione che ha profondamente rinnovato la tradizionale politica della concentrazione dei beni in Istituti centrali e soprattutto Statali. In questo modo sono nate del tutto naturalmente sinergie finanziarie e di lavoro con soggetti privati e territoriali². Infatti la ricchezza del patrimonio documentario e la sua integrazione, anche fisica, nelle realtà storico-culturali del territorio, la pluralità dei soggetti storicamente coinvolti per la salvaguardia (le soprintendenze, gli archivi di Stato, gli enti locali, i dipartimenti universitari, le accademie, le fondazioni, i privati ...) prefigurano un *sistema* per la conservazione puntiforme, diffuso sul territorio, piuttosto che un sistema accentratore. Sembra pertanto più vantaggioso operare per il rafforzamento delle strutture esistenti,

valorizzandone appunto la multipolarità e ottimizzando i metodi e le risorse.

La funzione che il MAXXI si appresta a svolgere, in accordo con altre forze già operanti, è quella di costituire un riferimento centrale e leggero, con compiti di coordinamento, di informazione e di promozione per una rete di istituzioni e soggetti diversi, nel rispetto delle singole identità, con l'obiettivo di creare un comune circuito di informazione sulla memoria storica dell'architettura del XX secolo. Il *Centro di documentazione* potrà così essere uno snodo della rete nazionale degli archivi, dei centri regionali e dei musei locali, favorendo e divulgando le iniziative decentrate, accanto a quelle promosse a livello centrale, nel quadro di un'attività museale in equilibrio tra patrimonio e attività. Dovrà operare per la promozione e la diffusione delle conoscenze per un pubblico di specialisti e non (informando su quali sono le documentazioni disponibili, e dove sono conservate, come possono essere consultate), facilitando, laddove possibile, l'accesso virtuale, ma dovrà anche condurre un'attività di ricerca nel campo della descrizione e conservazione archivistica dei fondi architettonici che, com'è noto, presentano per l'eterogeneità dei materiali conservati problematiche ancora inesplorate. In questo modo potrà svolgere funzioni di servizio, orientamento e informazione per i diversi settori di intervento finalizzati alla conservazione, restauro, e riproduzione digitale anche per gli archivi e altri istituti, o di privati.

and the current century. If the contents are not properly organised and classified, the data will not provide the information it contains.

The architectural archives play an important role in this scenario: they are places in which memory is kept in an orderly or unordered fashion and produced by individuals, groups or public or private agencies. Their work has contributed to shaping our living space, to re-thinking and sometimes modifying even the lifestyles of social groups.

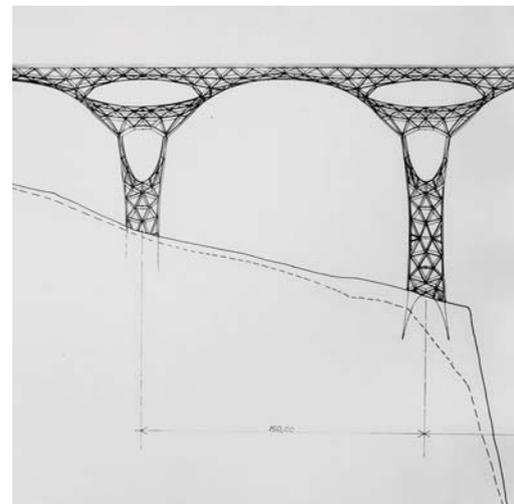
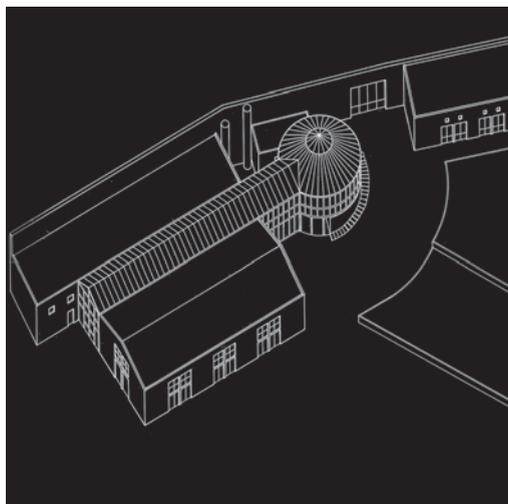
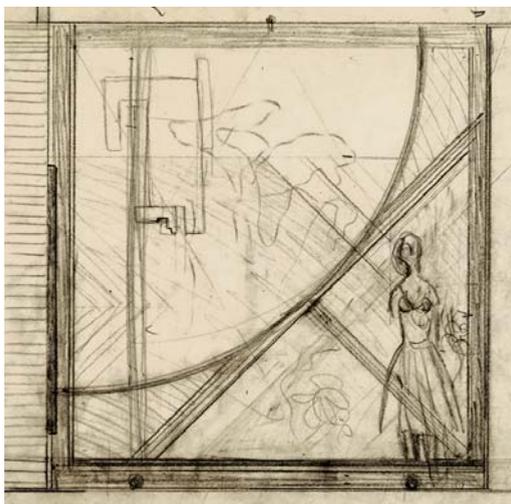
The MAXXI

The Centro di documentazione degli archivi di architettura (Centre for architectural archives) already functions in Rome.

Temporarily situated on one floor of the Andersen Museum in Via Pasquale Stanislao Mancini, it conserves and promotes Italy's archival patrimony. It will relocate to the Museum of twenty-first century architecture (MAXXI), designed by the Iranian architect Zaha Hadid, upon completion of construction in via Guido Reni.

The temporary headquarters currently house the Aldo Rossi, Enrico Del Debbio, Vittorio De Feo, Sergio Musmeci archives and part of the Carlo Scarpa archives.

This initiative pre-emptly empties the activities of the MAXXI by painstakingly examining the archives housed in the museum. This work constitutes one of the fields to be covered by the future National Museum of Architecture that intends to focus on two main areas. The first



Un antecedente concreto di questa idea guida, al cui progetto culturale e organizzativo la DARC in questi mesi sta lavorando, è il collegamento tra le diverse istituzioni italiane, operato dalla Associazione AAA/Italia mediante il progetto RADAR³ per condividere le potenzialità dell'informatizzazione, a partire dagli strumenti di conoscenza e di percorso all'interno dei compendi documentari per arrivare alla riproduzione del singolo documento e soprattutto per diffondere le informazioni relative a lavori e progetti in atto.

Lavori in corso

Gli archivi degli architetti del Novecento costituiscono una fattispecie documentaria particolare e pongono dei problemi di conservazione e di descrizione tipici. Sono archivi privati, il che ha delle conseguenze sui modi della tutela. Innanzi tutto per poter divenire oggetto di intervento pubblico devono essere dichiarati di notevole interesse dall'organismo deputato, cioè la soprintendenza archivistica competente, o acquisiti dallo Stato. Un primo problema pratico per la costruzione di una mappa della documentazione è costituito dalla difficoltà di conoscere quali sono e dove sono conservati sul territorio gli archivi di architetti interessanti. Per questo motivo il primo passo deve essere sostenere e avviare attività omogenee di censimento nelle varie regioni. Un altro ordine di problemi riguarda più strettamente il trattamento dei materiali tipici di questi archivi in vista di una fruizione allargata. Si tratta di elaborati grafici, disegni e schizzi, su supporti tradizionali (carte da lucido, veline, cartoncini e altro) realizzati mediante strumenti di scrittura vari, come matite, inchiostri, pennarelli, penne biro, penne stilografiche, matite colorate e altro. Tra gli audiovisivi sono molto frequenti quelli per uso didattico, a volte inediti o creduti persi. È il caso di alcune cassette, trovate nell'archivio Scarpa, che contengono le lezioni sull'architettura tenute agli studenti di Vienna da Carlo Scarpa nei suoi ultimi anni, che rappresentano un documento ormai raro e prezioso dell'evoluzione del pensiero sull'architettura del grande architetto⁴.

Molti di questi documenti hanno una durabilità minima e una fragilità enorme, tanto che

la semplice movimentazione per la consultazione può essere dannosa. La loro conservazione, perciò, deve essere progettata in modo da limitare al massimo il ricorso all'originale, che d'altro canto deve essere conservato con delle speciali cautele, per evitarne il degrado. Il trattamento, vale a dire l'identificazione, la descrizione, l'inventariazione e l'indicizzazione di questi materiali è un'operazione di frontiera che richiede un aggiornamento e un adeguamento degli standard esistenti e soprattutto l'integrazione di sistemi di catalogazione finora utilizzati separatamente, perché separatamente si conservano e si trattano documenti, disegni, foto, libri e oggetti artistici. Inoltre è necessario preparare strumenti terminologici adeguati, come tesauri, liste di autorità, descrittori che permettano di accedere anche a un pubblico non esperto.

L'obiettivo delle operazioni di trattamento dei complessi documentari è non solo quello di creare le migliori condizioni fisiche e intellettuali di conservazione ma anche quello di diffondere e promuovere la conoscenza dell'architettura contemporanea.

Il *Centro di documentazione* sarà presto anche un luogo aperto al pubblico degli studiosi per una consultazione diretta dei fondi e all'attività legata alla cura degli archivi si affiancheranno altre iniziative, nel quadro della programmazione culturale del Centro per le arti contemporanee, che già da oltre un anno propone manifestazioni (esposizioni, convegni, seminari) dedicate all'arte e all'architettura contemporanea.

Ad oggi è quasi conclusa l'inventariazione del fondo di Aldo Rossi, acquisito nel novembre 2001. Si tratta di 1.450 documenti grafici, oltre a 11 modelli, tempere e oli, taccuini e altre documentazioni testuali e fotografiche, che sono stati descritti e riprodotti digitalmente. L'obiettivo dei prossimi mesi è quello di concludere l'intervento su questo archivio con la pubblicazione *on line* dell'inventario e dei documenti riprodotti, in una versione a bassa risoluzione. Copie ad alta risoluzione o facsimili dei documenti potranno essere consultati presso il *Centro di documentazione*.

Sempre nell'ottica di arricchire il numero e la qualità degli interventi e dei soggetti interessati è stato predisposto, in collaborazione con

area will promote and publicise trends in architectural research in order to satisfy the public's interest in contemporary architectural construction. The other area will deal with documenting and preserving twentieth century architecture by promoting understanding of the works themselves as well as the most important archival collections.

Obviously, there is a great deal of overlap between these two activities, because archives contain important and vital information on works that are often unpublished or haven't been built. This project has benefited from the work on architectural archives carried out mainly by the Ministry for Fine Arts & Cultural Affairs in the framework of the pilot projects of the Archival Service of the Lazio Region and the initiatives of the Central State Archives. In light of these events, in 2002 the Directorate for architecture and contemporary art (DARC) signed a National Plan for the conservation of architectural archives¹ with the Archives Directorate. This plan envisages joint national conservation and promotion programmes with the help of the respective Services.

The National Plan, like many other similar agreements with the major institutions for the conservation of architectural documents, is based on the fact that Italy's traditional method of safeguarding its cultural heritage, well documented in the Archival sector, is closely linked to a national and regional dimension and specific local and institutional agencies. It involves spontaneous "multi-central" conservation centres that have profoundly changed the traditional policy of having only central or state agencies deal with fine arts issues. This led to a natural evolution in the way in which the work was done as well as financial synergies with private and local agencies and institutions.² In fact, all this documentary heritage, its theoretical as well as physical integration in the social and cultural reality of the regions and the plurality of the players historically involved in conservation (the Services, State archives, local agencies, university departments, academies, foundations and private institutions ...) all contribute to a network system that extends across the whole

l'Accademia di San Luca, che lo detiene, un piano di intervento e recupero dell'archivio Ridolfi–Frankl–Malagricci. Il progetto prevede la conclusione dell'inventario⁵, l'unificazione del fondo presso l'Accademia e la riproduzione digitale degli elaborati grafici.

Infine, è già iniziato, in accordo con la Regione del Veneto, un intervento parziale sull'archivio di Carlo Scarpa. L'intervento riguarda i progetti relativi alla Biennale nel ventennio dal 1948 al 1968, che sono stati oggetto di una mostra⁶ tenuta a Venezia in occasione della Biennale del 2002 e in seguito portata a Roma e a Rio de Janeiro.

L'acquisizione di questo archivio da parte dello Stato, al termine di faticose trattative, ha costituito l'occasione per dare l'avvio a un'interessante e nuova sinergia tra Stato e Istituzioni locali per la salvaguardia di un bene, considerato prezioso da entrambe, in un'ottica che va ben oltre il concetto di archivio.

È stato dunque istituito un Comitato paritetico Stato-Regione Veneto⁷, in cui sono rappresentate le più autorevoli Istituzioni culturali legate alla vita e all'opera di Carlo Scarpa, con il compito di progettare, a partire dal filo rosso che lega i documenti alle opere e alla storia del territorio, interventi di recupero di edifici e opere del grande architetto. Una parte rilevante dell'attività del Comitato è costituita dal promuovere adeguate iniziative di valorizzazione e diffusione, assicurando il più ampio coinvolgimento di tutte le forze interessate e coordinando le attività sul territorio. A distanza di un anno l'attività del Comitato sta dando dei frutti molto interessanti, soprattutto sul piano metodologico, avendo stabilito dei criteri di intervento condivisi per gli interventi sia sulle fonti documentarie che sulle opere. Il Comitato, inoltre, ha avviato un confronto serrato tra Istituzioni sul metodo da seguire per la definizione e l'affidamento di restauri e interventi conservativi sulle opere del grande architetto, che risentono ormai dei segni del tempo. Al riguardo è stata definita uno standard da seguire per arrivare a operazioni a regola d'arte, basate soprattutto sullo studio e l'analisi degli elaborati grafici progettuali originali come fonte privilegiata per condurre i rilievi e progettare le operazioni necessarie.

La rete degli archivi di architettura

Per quel che riguarda i problemi della agevolazione dell'accesso al patrimonio, la DARC ha promosso, assieme all'Archivio progetti dell'Istituto universitario di architettura di Venezia (IUAV), un progetto piuttosto ambizioso a livello internazionale: il progetto RADAR finalizzato a creare la rete degli archivi di architettura. L'obiettivo è dare vita a un servizio integrato di fruizione via Internet delle informazioni e dei documenti relativi agli archivi e alle collezioni di architettura, conservati in luoghi diversi e a cura di differenti soggetti pubblici e privati, sviluppando metodologie e strumenti finalizzati alla valorizzazione di tale patrimonio documentale. A monte deve esistere però una pratica di trattamento degli archivi omogenea, che si basi su criteri condivisi, quindi necessariamente elaborati in accordo da tutti i soggetti partecipanti⁸.

Il progetto RADAR, dunque, prevede due momenti fondamentali strettamente connessi fra loro, la definizione delle operazioni di descrizione, riproduzione e indicizzazione degli archivi e la costruzione del sistema per l'accesso e la fruizione.

Quest'ultimo deve essere articolato secondo vari tipi di utenza (dal grande pubblico fino agli addetti ai lavori), per vari gradi di diritto di accesso (dal gratuito fino al riservato e a quello a pagamento) e per vari livelli di informazione (dal semplice riferimento catalografico fino al documento riprodotto: immagine, sonoro, *full text*).

Dopo diversi incontri, in cui sono stati analizzati problemi e soluzioni, si è consolidato un patrimonio di conoscenze comune, costituito da un approccio condiviso alle questioni archivistiche, uno standard di descrizione e una OPAC di accesso alle base dati. Ora è possibile lavorare a un ulteriore passo avanti verso l'integrazione di queste esperienze con la messa a punto di strumenti di consultazione, ricerca e scambio di informazioni, quali *authority files* condivisi dei nomi, degli enti e delle opere (edifici, oggetti, ecc.), un *thesaurus* geografico, un lessico/*thesaurus* tematico di architettura, urbanistica e design (che dovrebbe essere multilingue), motori di ricerca e servizi all'utente.

country, rather than a centralised system. It would therefore seem more advantageous to strengthen existing structures and promote this "multi-central" system, optimising methods and resources.

Consensus among all players established that the role of the National Museum of Architecture will be to become a central reference point, coordinating information and promoting a network of different institutions and agencies while fully respecting each one's individual identity. It will aim to create joint information circuits involving the historical memory of twentieth century architecture. The Centre would therefore become the pivotal point of the national archival network, the regional centres and local museums. It would support and publicize the decentralised initiatives as well as the centralised ones in the framework of museum activities, taking into account Italy's legacy and current events. It should work towards the promotion and dissemination of knowledge the public and specialists alike (providing information on available documents, their whereabouts and consultation procedures). Where possible, it should facilitate virtual access, but it should also carry out field research involving the description and archival conservation of architectural collections that notably present as yet undiscovered problems inherent in the heterogeneous nature of the materials. By so doing, it can act as an information and service centre for the various sectors involved in conservation, restoration and digital reproduction. This function can also be extended to archives in other institutions or private collections.

During the past months, DARC has actively worked on this organisational and cultural project. A similar conceptual idea has in fact been carried out by the Associazione AAA/Italia through the RADAR project.³ This association groups a number of different Italian institutions. Their aim was to share the potential provided by computer technology, starting with the tools already present in the documentary summaries. They also intend to reproduce single documents and, above all, to distribute information regarding ongoing works and projects.

□ Pio Baldi – Direzione generale per l'architettura e l'arte contemporanea, Ministero per i beni e le attività culturali

□ Margherita Guccione – Direzione generale per l'architettura e l'arte contemporanea, Ministero per i beni e le attività culturali

□ Erilde Terenzoni – Direzione generale per l'architettura e l'arte contemporanea, Ministero per i beni e le attività culturali

1. Il testo dell'Intesa tra le due Direzioni generali è consultabile in rete nel sito: www.beniculturali.it.

2. Isabella Zanni Rosiello, in *I Conferenza nazionale degli archivi italiani*, Pubblicazione degli Archivi, Roma, 2000.

3. Il progetto RADAR è descritto nel sito dell'AAAITalia.

4. Le cassette sono state restaurate, riversate su supporti diversi e saranno presto consultabili presso il Centro di documentazione.

5. Una prima parte dell'archivio è stata già ordinata e inventariata.

6. *I disegni di Carlo Scarpa per la Biennale di Venezia. Architetture e progetti (1948-1968)*, Catalogo a cura di Margherita Guccione, Erilde Terenzoni, Esmeralda Valente, Alessandra Vittorini, Roma, Gangemi, 2000.

7. Il Comitato è costituito da Pio Baldi (presidente), Guido Beltramini, Aldo Businaro, Margherita Guccione, Paola Marini, Giorgio Rossini, Roberto Sordina, Angelo Tabaro ed Erilde Terenzoni (segreteria tecnico-scientifica).

8. I partners coinvolti nella collaborazione sono: Archivio Progetti e Servizi Bibliografici e Documentali IUAV <http://oberon.iuav.it>, Soprintendenza Archivistica per il Lazio <http://www.db.archivi.beniculturali.it/UCBAWEB/indicesopr.html>, Archivio del Moderno – Accademia di Architettura di Mendrisio http://www.arch.unisi.ch/architettura_ricerca/architettura_archivioM.htm, Direzione per l'architettura e l'arte contemporanea (DARC) <http://www.darc.beniculturali.it/>, Centre de Documentació Projectes Arquitectura Catalana (Cdpac) – Universitat Politècnica de Catalunya (Spagna) <http://cdpac1.upc.es/>.

Ongoing projects

The archives of twentieth century architects are a rather special case with regard to documentation, posing problems linked to their conservation and description. They are private archives and this affects the way in which they are kept. First of all, to become a public responsibility they have to be declared of "great interest" by the competent agency or acquired by the State. The first problem encountered when mapping out the documentation is how difficult it is to identify which architectural archives are interesting and their whereabouts. This is why the first step must be to encourage and initiate homogeneous data collection activities in the various regions.

Another set of problems is closely linked to how the materials in these archives are processed before being made available to a wider audience. These materials include graphic diagrams, drawings, sketches on traditional materials (tracing paper, carbon copies, drawing paper, etc.) executed using various types of writing instruments such as pencils, inks, felt pens, biros, pens, colour crayons, etc. Audio-visual material is frequently used for teaching purposes. Much of this material is unpublished or thought to have been lost. This is the case of some cassettes found in the Scarpa archives. These taped recordings contain lessons on architecture given to his Viennese students by Carlo Scarpa in the latter part of his life.

The cassettes are a rare and precious documentation of the way in which this great architect's architectural theories evolved.⁴ Many of these documents are extremely fragile and perishable. So much so that even moving them for consultation purposes could be harmful. Conservation has to be designed in such a way as to severely limit the use of the originals. The latter must also be kept carefully to avoid deterioration.

The main objective is, therefore, the identification, description, classification and processing of these materials. To achieve this, existing standards must be updated and improved. Above all, the catalogue system that up to now has been used separately for documents, drawings, photographs, books and artistic objects, because they were preserved and treated separately, must now become an

integrated system. Furthermore, up-to-date terminological tools must be created, such as thesaurus, lists of authorities and descriptions that allow non-experts and the public to access this information.

The processing of these documentary complexes should create the best physical and intellectual conditions for conservation as well as publicising and promoting knowledge on contemporary architecture.

The Centre will soon be open to the public and scholars so that they can directly consult the collections. The work to preserve the archives will be supported by other initiatives in the framework of the Centre's cultural programmes for contemporary arts. For over a year now, it has organised all sorts of events (exhibitions, conferences and seminars) dedicated to art and contemporary architecture.

Today, the inventory of the Aldo Rossi collection, acquired in November 2001, is almost finished. It involved 1,450 graphic documents as well as 11 models, tempera and oils, notebooks and other digital texts and photographs. The objective set for the months ahead is to finish the work on Aldo Rossi's archives and publish an on-line, low resolution version of the inventory and reproduced documents. High resolution copies or faxes of the documents will be available at the Centre itself.

With an eye to increasing the scope and quality of the work and subjects involved, a work and restoration plan has been drawn up for the Ridolfi-Frankl-Malagricci archives. The plan was developed in conjunction with the Accademia di San Luca where the archives are currently housed. The project will finish the cataloguing,⁵ group the three collections in the Academy and digitally reproduce the graphic data.

Finally, some work has started on Carlo Scarpa's archives together with the Veneto Region. The work focuses on his projects for the Venice Biennale between 1948 and 1968 and exhibited in Venice⁶ during the 2002 Biennale and later in Rome and Rio de Janeiro. After lengthy and difficult negotiations the State purchased these archives. This was an opportunity to launch a fascinating new

synergic project between the State and local institutions to protect something both considered precious and which goes far beyond the simple concept of archives.

A Joint Committee⁷ was set up between the State and the Veneto Region with the participation of the most prestigious cultural institutions involved in the life and works of Carlo Scarpa. Based on the thin red line that runs between the documents and the works and history of this area, their task is to draft restoration plans for the great architect's buildings and works. Most of the Committee's work entails sponsorship of important promotion initiatives, ensuring the widespread participation of all the players involved and coordination of these activities.

After one year, the Committee's work is bearing very interesting fruit, above all regarding methodology. The Committee established common criteria for the work on the documentary sources and works. It also initiated a debate between institutions regarding the method to identify and assign the restoration and conservation projects of the works of this great architect, works which are now beginning to show their wear and tear. A standard has been established to perform the operations correctly. It is based mainly on the study and analysis of the original graphic design data considered as a privileged source of information to carry out the surveys and draft the necessary tasks.

The architectural archives network

Regarding access to this legacy, the DARC has sponsored rather an ambitious international project in conjunction with the IUAV Archives project: the RADAR project to create an architectural archives network. The idea is to set up an integrated service to access, via the web, the information and documents in the architectural archives and collections, housed in different places and run by various public and private agencies. This will be achieved by developing methods and tools to enhance this documentary legacy. Before this can take place, however, the archives need to be organised along similar guidelines and common criteria drawn up by all the participating agencies and partners.⁸

The RADAR project has identified two main areas of work, closely linked to one another: the definition of a common set of guidelines for the description, reproduction and indexing of the archives and the creation of an access and user system. The latter has to be organised according to the various categories of users (from the public at large to experts and scholars), the various access levels (free access, restricted access and access through payment) and the various information levels (from a simple catalogue reference to the reproduced document itself: image, sound, full text).

After several meetings to analyse the problems and find solutions, the participants shared their common knowledge. They elaborated a joint approach to the problem of archival conservation, a standard description and an OPAC for access to the data bank. This will allow further steps to be taken to integrate these experiences, including the elaboration of a consultation, research and information exchange tool such as shared authority files of the names, agencies and works (buildings, objects, etc.), a geographical thesaurus, a lexicon/thematic thesaurus of architecture, town-planning and design (that should be multilingual), search engines and services for users.

1. The text of the agreement between the two Directorates can be viewed on the website: www.beniculturali.it.

2. Isabella Zanni Rosiello, in I Conferenza nazionale degli archivi italiani, *Publication of the Archives*, Rome, 2000.

3. The RADAR project is illustrated on the AAAItalia website.

4. The cassettes have been restored, recorded differently and will soon be available at the Centre of documentation.

5. The first part of the archives has already been ordered and classified.

6. I disegni di Carlo Scarpa per la Biennale di Venezia. *Architetture e progetti (1948-1968) (drawings by Carlo Scarpa for the Venice Biennale. Architecture and projects)*, catalogue edited by Margherita Guccione, Erilde Terenzoni, Esmeralda Valente, Alessandra Vittorini, Rome, Gangemi, 2000.

7. The committee members include Pio Baldi (President), Guido Beltramini, Aldo Businaro, Margherita Guccione, Paola Marini, Giorgio Rossini, Roberto Sordina, Angelo Tabaro and Erilde Terenzoni (technical & scientific secretariat).

8. I partners are: Archivio Progetti e Servizi Bibliografici e Documentali IUAV <http://oberon.iuav.it>, Soprintendenza Archivistica per il Lazio <http://www.db.archivi.beniculturali.it/UCBAWEB/indicesopr.html>, Archivio del Moderno – Accademia di Architettura di Mendrisio http://www.arch.unisi.ch/architettura_ricerca/architettura_archivioM.htm, Direzione per l'architettura e l'arte contemporanea (DARC) <http://www.darc.beniculturali.it/>, Centre de Documentació Projectes Arquitectura Catalana (Cdpac) – Universitat Politècnica de Catalunya (Spagna) <http://cdpac1.upc.es/>.

6/ Carlo Scarpa, progetto di padiglione provvisorio, Lido di Venezia, 1948; veduta prospettica dell'interno, disegno, matita e pastelli colorati su carta, 35 X 50 (Archivio Scarpa, DARC, Roma).
Carlo Scarpa, project for a temporary pavilion, Venice Lido, 1948; view of the interior, drawing, pencil and coloured pastels on paper, 35 x 50 (Scarpa Archives, DARC, Rome).

7/ *Pagina successiva.* Carlo Scarpa, monumento alla partigiana d'Italia, progetto per la collocazione della statua di A. Murer ai giardini di Castello; matite su carta da lucido, 45 X 101 (Archivio Scarpa, DARC, Roma).
 Next page. *Carlo Scarpa, monument to the Italian partisan woman, project for a statue by A. Murer in the gardens of Castello; pencils on tracing paper, 45 x 101 (Scarpa Archives, DARC, Rome).*

8/ 9/ 10/ *Pagina successiva.* Carlo Scarpa, progetto per il padiglione provvisorio del Lido di Venezia, ingresso della Prima esposizione tecnica internazionale di cinematografia, 1948 (Archivio Scarpa, DARC, Roma).
 Next page. *Carlo Scarpa, project for the temporary pavilion of the Venice Lido, entrance to the First international technical film exhibition, 1948 (Scarpa Archives, DARC, Rome).*

ARCHIVIO CARLO SCARPA 1906-1978

Estremi cronologici: 1927-1978.

Consistenza: circa 11.453 disegni, schizzi, lucidi, incisioni; 12.200 foto, provini, negativi; 8.000 altri materiali, cassette video e audio, oggetti; carteggio scatole 3; 10 scatole materiali da identificare; oggetti, manufatti in materiali vari, legno, metallo, vetro.

Stato di conservazione: medio-buono.

Stato di ordinamento: piuttosto ordinato, è in corso l'inventariazione e la riproduzione digitale dei materiali cominciando dai disegni che riguardano le opere per la Biennale di Venezia dal 1948 al 1968, si tratta di 900 disegni.

Data di acquisizione: 24 ottobre 2002.

Storia: l'archivio era conservato presso lo studio, utilizzato dal figlio Tobia, nella casa di Trevignano Veneto. Lo stato di conservazione è buono e testimonia della cura di cui l'archivio è stato oggetto, i disegni erano ordinati in cassettiere e cartelle di legno e tela fatte costruire

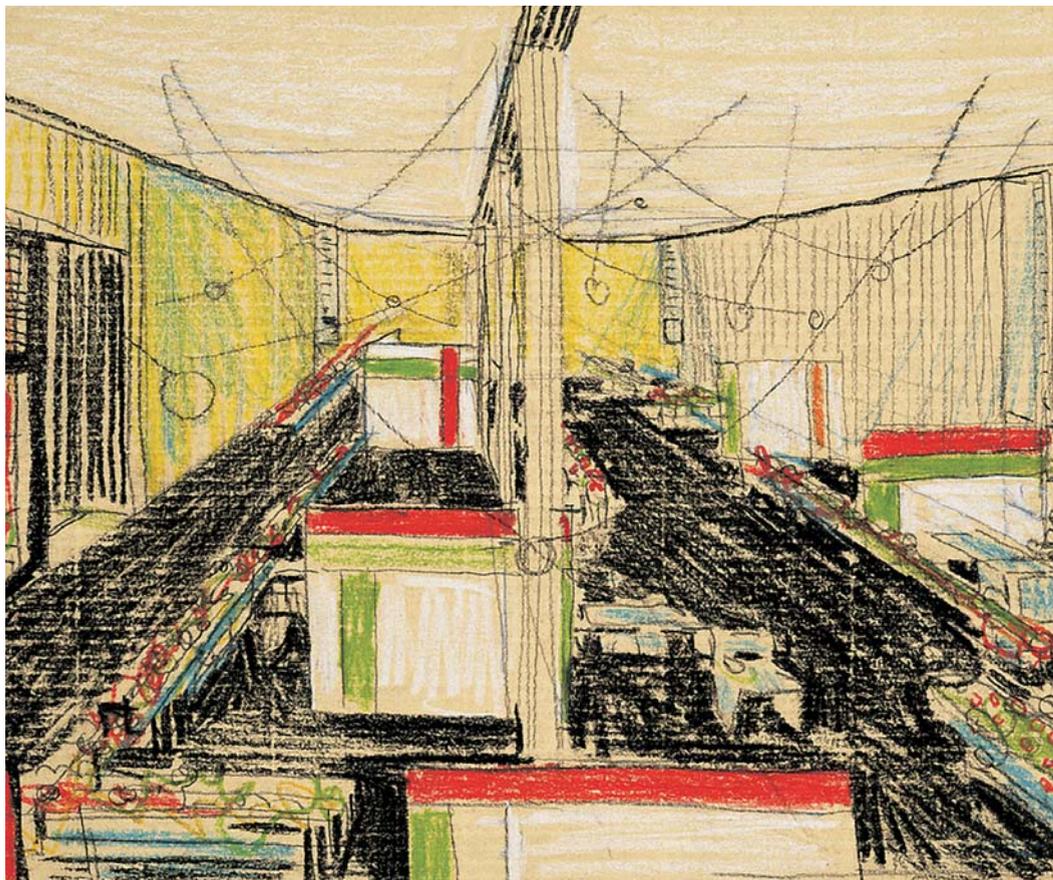
appositamente, le foto in scatole metalliche. L'archivio, di natura prevalentemente tecnica e progettuale, è costituito da circa 230 progetti che vanno dal 1927 al 1978, più una piccola parte di materiale da identificare (circa il 10 per cento di tutto l'archivio).

Vi si trovano anche provini di foto, negativi, schizzi, promemoria e appunti di lavoro, molti disegni e schizzi sono colorati a pastello.

Tre scatole raccolgono la documentazione cartacea, tutta da identificare.

Fanno parte dell'archivio alcuni oggetti, manufatti d'arte in vetro, legno o metallo e libri. È presente una documentazione fotografica di corredo piuttosto consistente e in buona parte inedita, foto a colori o in bianco e nero e diapositive, molte delle quali riguardano i viaggi compiuti da Carlo Scarpa.

Tutto per una consistenza di massima, che in attesa del lavoro di riordino e inventariazione, è stimata sulla base degli elenchi esistenti e dei sopralluoghi in circa 31.400 unità documentarie.



CARLO SCARPA ARCHIVES 1906-1978

Period: 1927-1978

Materials: approx. 11,453 drawings, sketches, tracings, engravings; 12,200 photographs, test strips, negatives; 8,000 other items, video and audio cassettes, objects; 3 boxes of correspondence; 10 boxes of materials to be identified; objects, items in assorted materials, wood, metal and glass.

State of conservation: medium to good.

Classification: quite orderly. The classification and digital reproduction of the materials is currently underway, beginning with the drawings of the works for the Venice Biennale between 1948 and 1968. This involves 900 drawings.

Date acquired: October 24, 2002.

History: the archives were kept in the study used by his son, Tobia, in the house in Trevignano Veneto. The archives are well preserved, bearing witness to the care taken.

The drawings were organised in drawers and purpose-built wooden/cloth files. The photographs were in metal boxes.

The mainly technical and design archives are made up of approximately 230 projects dating between 1927 and 1978, plus some material still to be identified (about 10% of the entire archives).

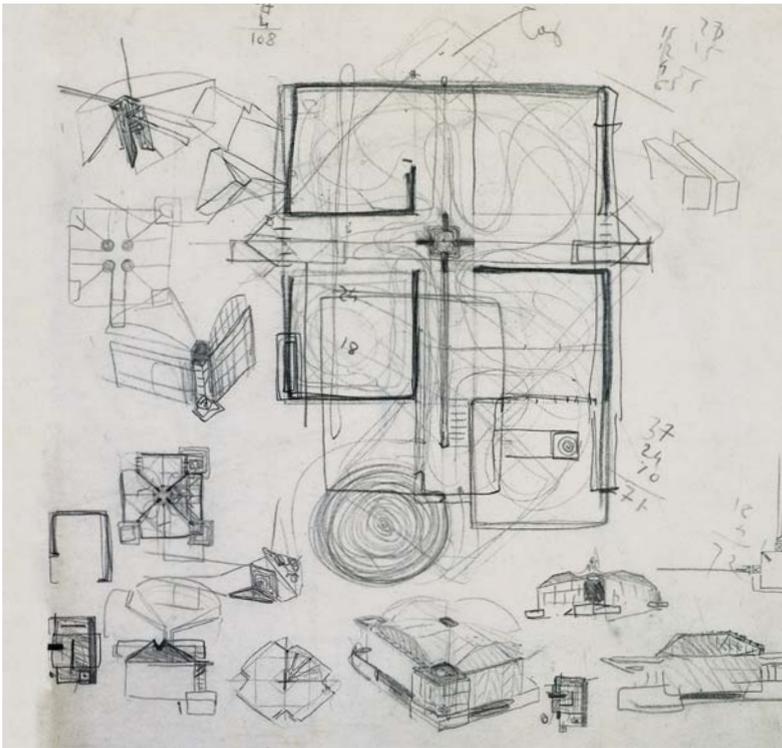
Test strips of photos, negatives, sketches, memos and work notes, many drawings and sketches are done with pastel crayons.

Three boxes contain all the written documents, still to be identified.

Certain objects are part of the archives. They are items in glass, wood or metal as well as books.

There is a substantial photographic documentation, largely unpublished, with colour or black and white photographs and slides, many of which refer to Carlo Scarpa's travels.

While waiting for completion of the work to index and order all the materials, an approximate evaluation on the basis of the existing lists and visits is estimated to be around a total of 31,400 documents.



11/ Aldo Rossi, progetto per la ricostruzione del Teatro la Fenice di Venezia; inchiostro di china, acquerello, tempere su cartoncino, 71 X 274 (Archivio Rossi, DARC, Roma).

Aldo Rossi, project for the reconstruction of the Theatre La Fenice in Venice; china ink, watercolour, tempera on cardboard, 71x274 (Rossi Archives, DARC, Rome).

ARCHIVIO ALDO ROSSI 1931-1997

Estremi cronologici: 1960-1997.

Consistenza: 1.450 disegni, schizzi, lucidi, incisioni; 9 scatole foto/carteggio; 50 audiovisivi; 13 taccuini; 11 modelli.

Stato di conservazione: medio-buono.

Stato di ordinamento: ordinato, in corso di inventariazione e di riproduzione a cura della DARC.

Data di acquisizione: 24 ottobre 2002.

Storia: l'archivio era presso lo studio di Milano e in buono stato di conservazione, ma alcuni materiali, veline o carte particolari, necessitano di un intervento di restauro, come alcuni dei plastici.

Il materiale, molto eterogeneo, raccoglie disegni in bianco e nero, a colori o con tecniche varie e su supporti vari, schizzi, disegni preparatori per progetti, elaborazioni di idee, composizioni e presentazioni di opere su grande formato (alcune delle quali realizzate dallo studio), copie acquarellate di alcuni progetti, tempere, acquarelli. Molti di questi sono firmati.

Ci sono anche una quindicina di incisioni e litografie e una piccola serie di taccuini conte-

nenti appunti e schizzi, alcuni dei quali editi da Electa sotto il titolo di *Quaderni azzurri*.

In otto scatole di cartone sono raccolti il carteggio e la contabilità. Vi si trovano però mescolate carte private della famiglia.

La natura del fondo appare dunque più spiccatamente «artistica» che non archivistica in senso proprio.

L'interesse particolare di questo materiale risiede, oltre che nel suo valore artistico, nel carattere di complementarità con le opere più propriamente architettoniche, perché permette di sottolineare aspetti dell'autore difficilmente percepibili solo attraverso la documentazione tecnica.

I plastici sono 11, tutti in buono stato tranne due, e riguardano la *Sede UBS di Lugano*, cartoncino e gesso, non realizzato, cm 130x50, la *Chiesa a Milano* non realizzata, mattoncini e cemento, il *Museo di Berlino*, l'*Hotel il Palazzo a Fukuoka*, legno da restaurare, la *fontana di Perugia*, legno da restaurare, il *Teatro di Genova*, 150x200x100, il *Teatro di Genova* - sezione, 150x50x100, il *Museo di Marburgo*, piccolo, il *Museo di Marburgo*, 70x70x40, il *Campus Miami*, 80x150x60, un *Modello di progetto* da identificare.

ALDO ROSSI ARCHIVES 1931-1997

Period: 1960-1997.

Materials: 1,450 drawings, sketches, tracings, engravings; 9 boxes of photographs/correspondence; 50 audiovisual tapes; 13 notebooks; 11 models.

State of conservation: medium to good.

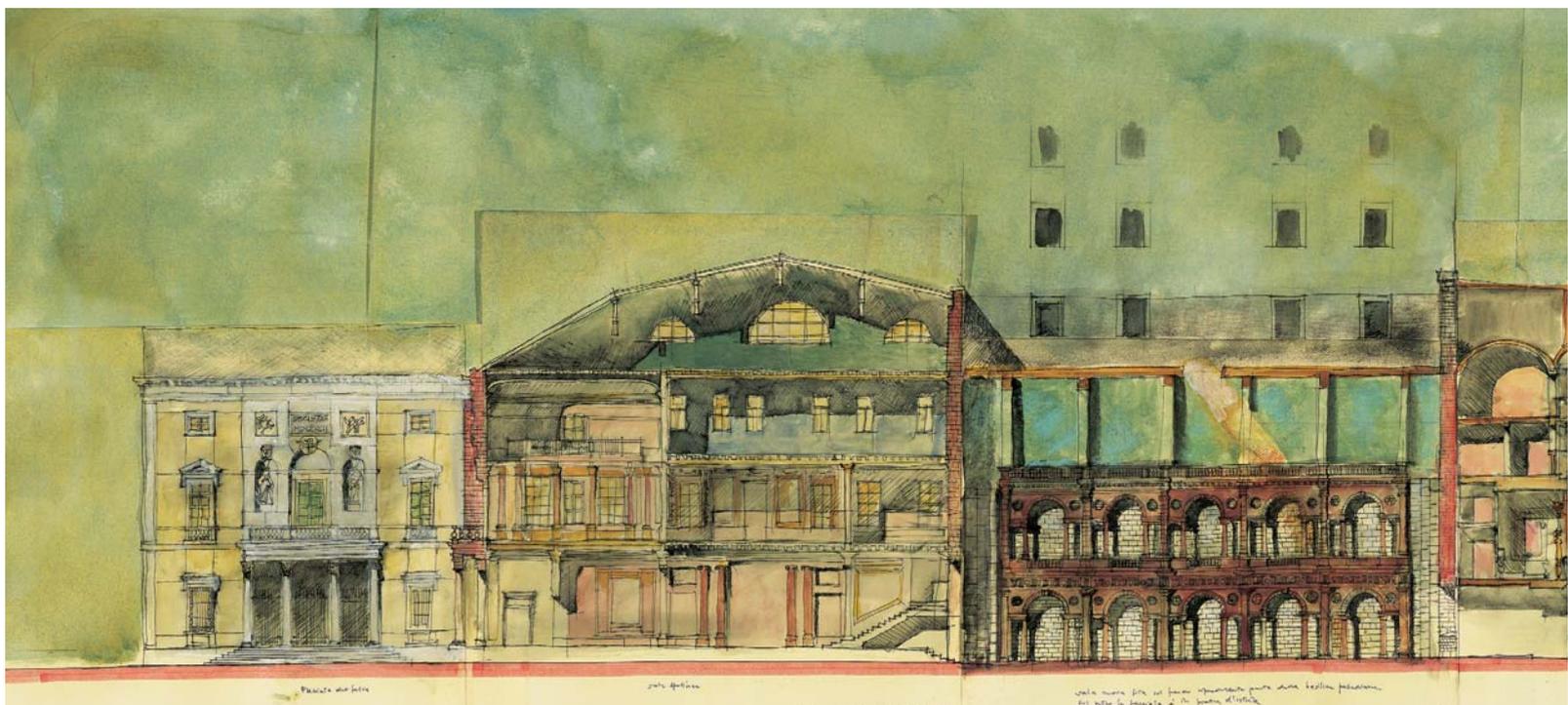
Classification: orderly. DARC is currently carrying out classification and reproduction.

Date acquired: October 24, 2002.

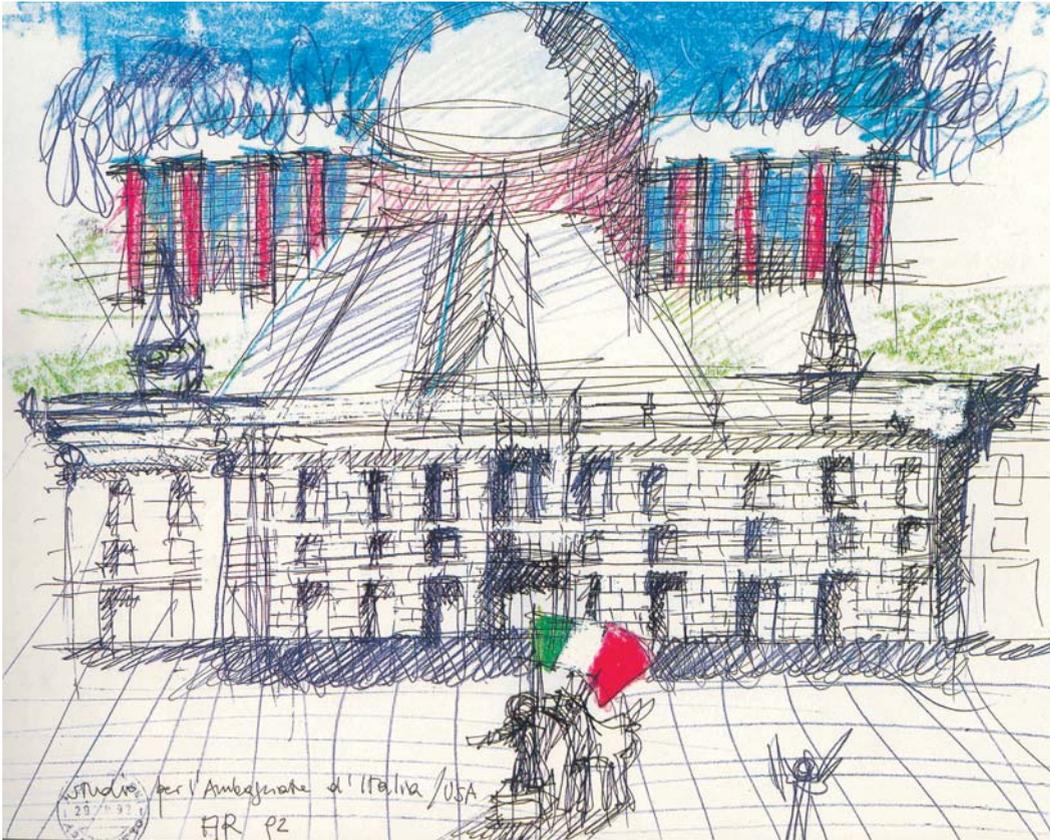
History: the archives were in his studio in Milan. Well preserved, but some materials, carbon copies or special papers, as well as some of the models, will need to be restored.

The wide ranging materials include drawings in black and white or colour, using different techniques and different tools, sketches, preliminary drawings for projects, development of ideas, compositions and presentations of works in large format (some done by the studio), watercolour copies of certain projects, tempera and watercolours. Many of these are signed.

There are also about fifteen engravings and lithographs and a small series of pads with notes and sketches, some published by Electa under the title *Quaderni azzurri*. Rossi's



12/ Aldo Rossi, studio per l'ambasciata d'Italia a Washington D.C., 1992 (Archivio Rossi, DARC, Roma).
Aldo Rossi, study for the Italian Embassy in Washington D.C., 1992 (Rossi Archives, DARC, Rome).



correspondence and accounts are in eight cardboard boxes. However, private family documents are also stored there. The collection seems to be more “artistic” rather than strictly “archival.”

Apart from its artistic value, what is interesting about this material is that it is complementary to Rossi architectural works. It underscores some of his traits that would otherwise be difficult to discover using only the technical documentation.

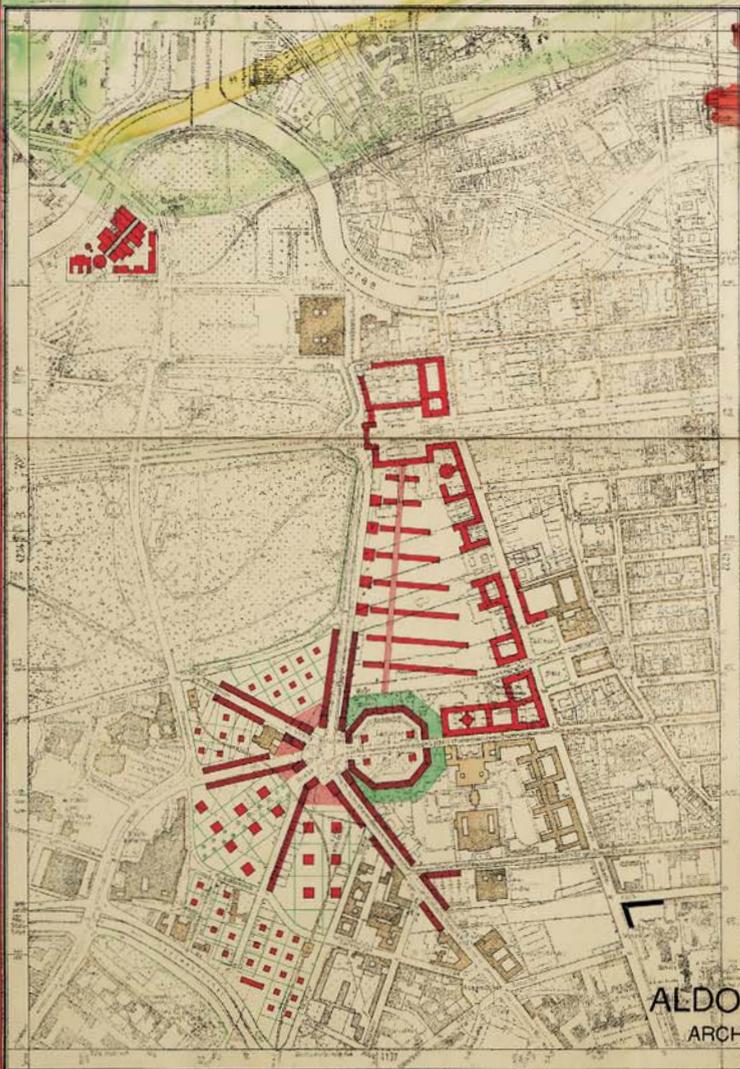
There are 11 models, all well preserved except two: the UBS Headquarters in Lugano, card and plaster of Paris, 130x50 cm; the Church in Milan in small bricks and cement, but never built; the Berlin Museum; the Palazzo Hotel in Kukuoka, wood, to be restored; the Perugia fountain, wood, to be restored; the Genoa theatre, 150x200x100; the Genoa theatre – section, 150x50x100; the Marburg Museum, small; the Marburg Museum, 70x70x40; the Miami Campus, 80x150x60; a project model, still to be identified.



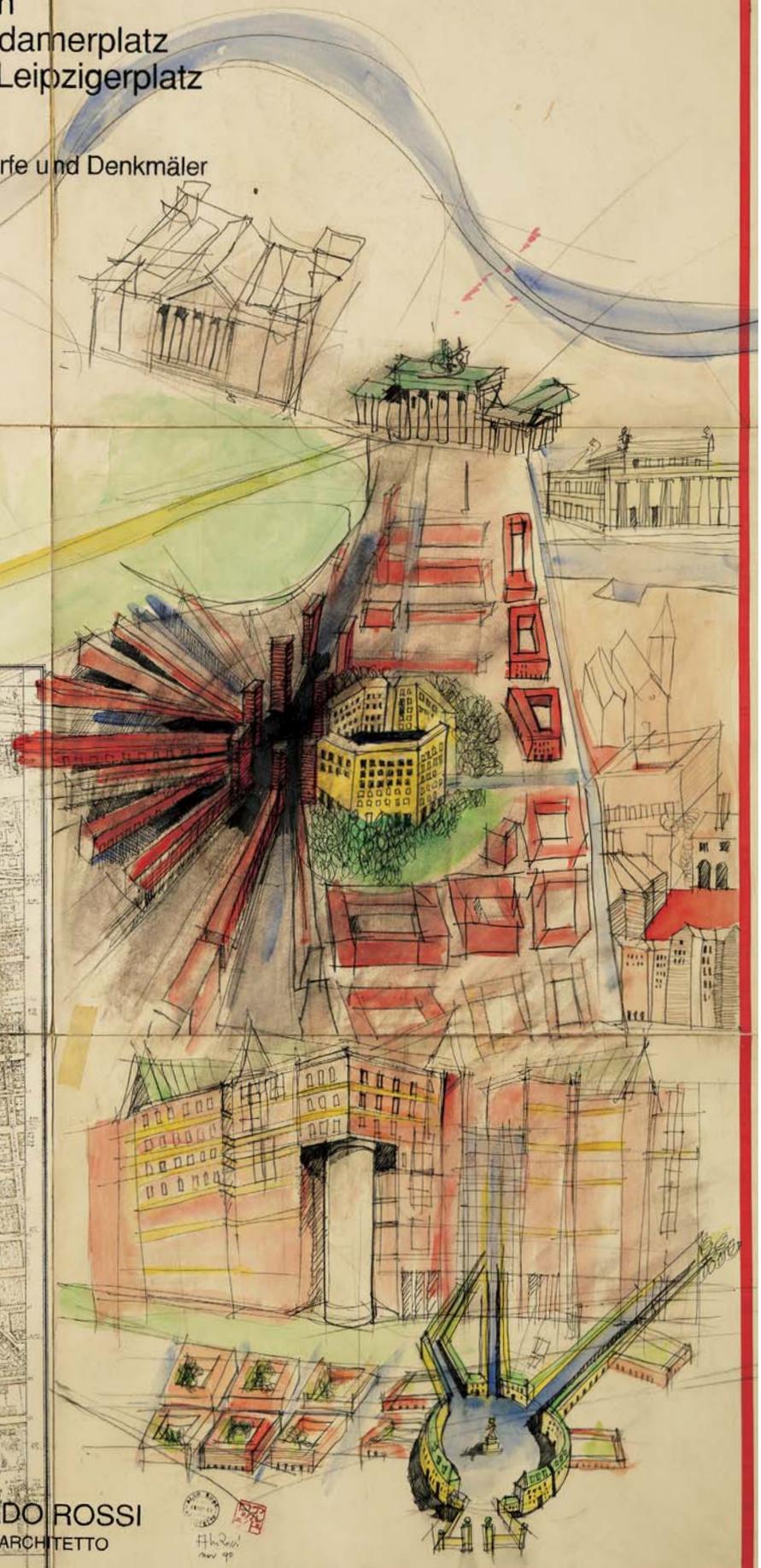
Berlin
Potsdamerplatz
und Leipzigerplatz

Entwürfe und Denkmäler

Karte von Berlin 1:4000



ALDO ROSSI
ARCHITETTO



ALDO ROSSI
1970

13/ *Pagina precedente.* Aldo Rossi, Berlin-Postdamerplatz und Leipzigerplatz, 1990; prospetto, assonometria, pianta (Archivio Rossi, DARC, Roma).

Previous page. Aldo Rossi, Berlin-Postdamerplatz und Leipzigerplatz, 1990; view, axonometric projection, plan (Rossi Archives, DARC, Rome).

14/ 15/ Enrico Del Debbio, *Architetture immaginate*, 1916-1917; disegni a china e a matita e pastello (Archivio Del Debbio, DARC, Roma).

Enrico Del Debbio, Architetture immaginate, 1916-1917; drawings in china ink and in pencil and pastels (Del Debbio Archives, DARC, Rome).

ARCHIVIO ENRICO DEL DEBBIO

1891-1973

Estremi cronologici: 1920-1969.

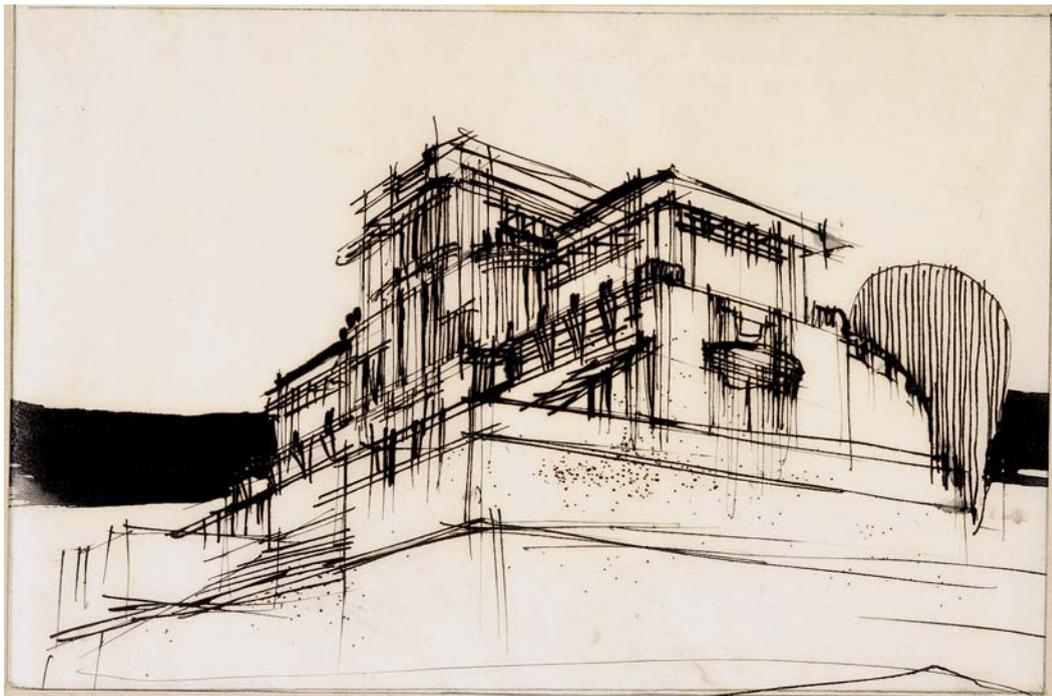
Consistenza: circa 200 progetti; 19 scatole di foto e lastre; 74 buste di carteggio; 28 cartelle di disegni e acquarelli; 65 pacchi di foto, lettere, documenti; 16 tempere a colori di progetti; 1 piano generale del Foro Italico (1929); grande assonometria a carbone.

Stato di conservazione: buono.

Stato di ordinamento: ordinato, esiste un elenco manoscritto dello stesso Del Debbio, da inventariare.

Data di acquisizione: 24 ottobre 2003.

Storia: il fondo, che raccoglie tutto il materiale prodotto dall'architetto nel corso della sua attività, ha subito vari spostamenti, ma è rimasto sostanzialmente ben ordinato.



ENRICO DEL DEBBIO ARCHIVES

1891-1973

Period: 1920-1969.

Materials: approx. 200 projects; 19 boxes of photographs and plates; 74 bags of correspondence; 28 files of drawings and watercolours; 65 bags of photos, letters, documents; 16 coloured tempera projects; 1 master plan of the Foro Italico (1929); a large scale charcoal axonometric drawing.

State of conservation: good.

Classification: orderly. A hand-written list by Del Debbio exists, still to be classified.

Date acquired: October 24, 2003.

History: the collection includes all the material produced by the architect during his career.

It has often been moved, but is still fairly well preserved and orderly.



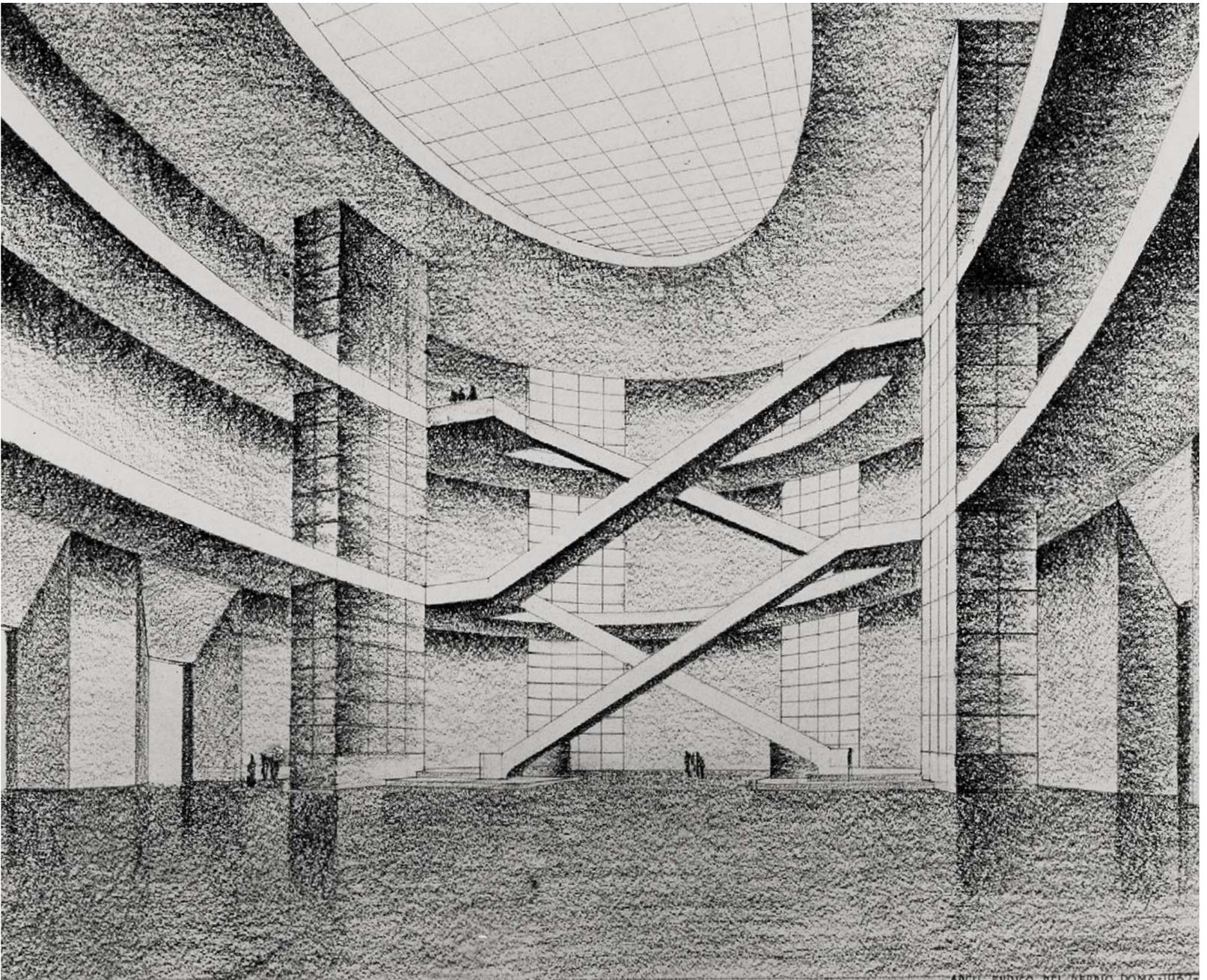
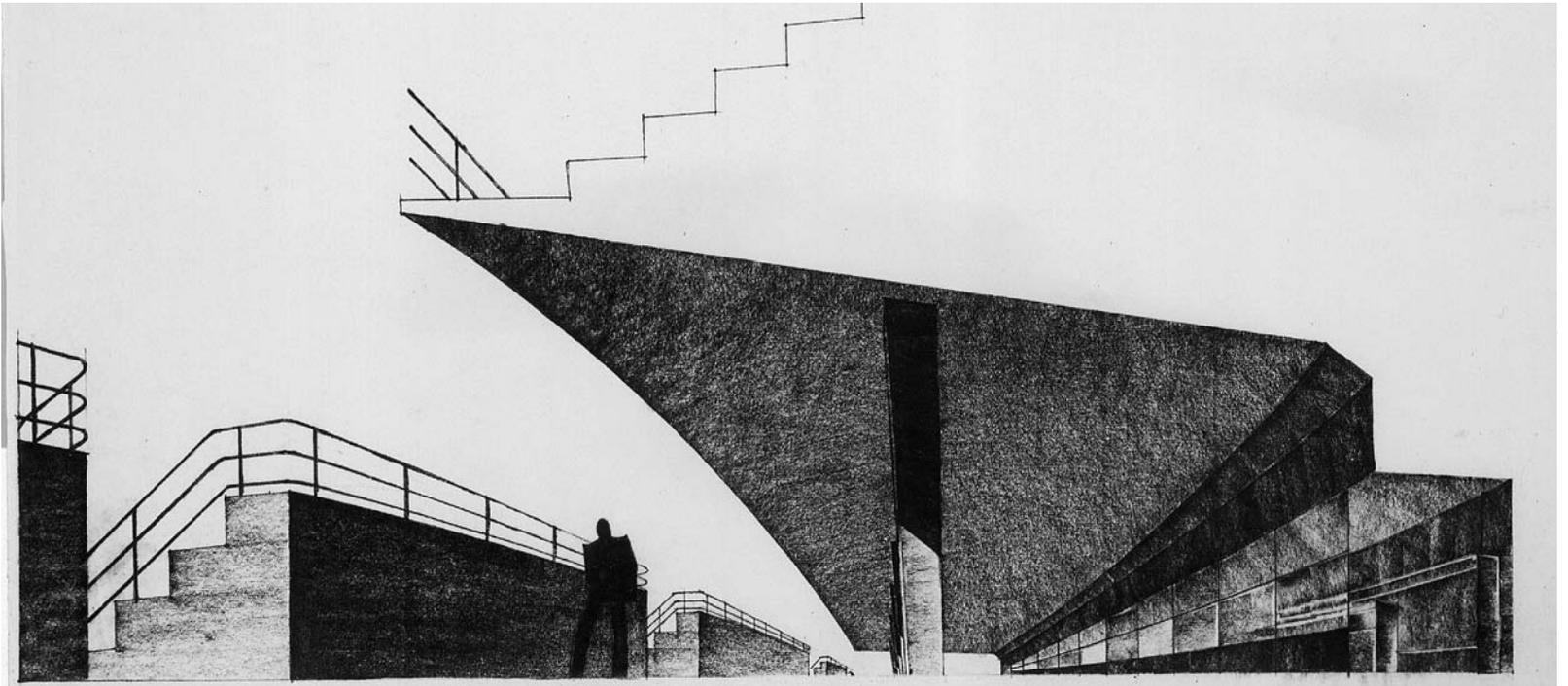
16/ Enrico Del Debbio, Casa del Balilla di Avellino, 1932-1933 (Archivio Del Debbio, DARC, Roma).
Enrico Del Debbio, Casa del Balilla in Avellino, 1932-1933 (Del Debbio Archives, DARC, Rome).

17/ Enrico Del Debbio, progetto di villa, Roma, 1943; tempera realizzata per la mostra dell'abitazione all'E42, casa Brizzi-Simen (Archivio Del Debbio, proprietà privata).
Enrico Del Debbio, project for a villa, Rome, 1943; tempera for the exhibition on housing at the E42, the Brizzi-Simen house (Del Debbio Archives, private property).

18/ *Pagina successiva.* Enrico Del Debbio, progetto di stadio olimpico, 1930 (Archivio Del Debbio, DARC, Roma).
 Next page. *Enrico Del Debbio, project for the Olympic stadium, 1930 (Del Debbio Archives, DARC, Rome).*

19/ *Pagina successiva.* Enrico Del Debbio, mostra al granaio di Urbano VIII, 1931-1932 (Archivio Del Debbio, DARC, Roma).
 Next page. *Enrico Del Debbio, exhibition at the grain warehouse built by Pope Urban VIII, 1931-1932 (Del Debbio Archives, DARC, Rome).*





20/ 21/ 22/ Vittorio De Feo, progetto di concorso per il nuovo palazzo per uffici della Camera dei Deputati, piazza del Parlamento, Roma, 1967 (Archivio De Feo, DARC, Roma).

Vittorio De Feo, project for the competition for the new office building at the House of deputies, Piazza del Parlamento, Rome, 1967 (De Feo Archives, DARC, Rome).



ARCHIVIO VITTORIO DE FEO 1928-2002

Estremi cronologici: 1928-2002

Consistenza: 2.917 disegni relativi a 807 progetti; 31 quaderni e blocchi di appunti; 25 faldoni contenenti corrispondenza, materiale didattico, carte personali e documentazione allegata ai progetti; 248 scatole di fotografie e diapositive; 25 plastici.

Stato di conservazione: buono.

Stato di ordinamento: riordinato, inventario del 1999.

Dichiarazione di notevole interesse storico: 10 dicembre 1996.

Storia: il fondo, che raccoglie tutto il materiale prodotto dall'architetto nel corso della sua attività, è ben ordinato. I materiali sono conservati in buona parte arrotolati o piegati in buste o faldoni.

VITTORIO DE FEO ARCHIVES 1928-2002

Period: 1928-2002

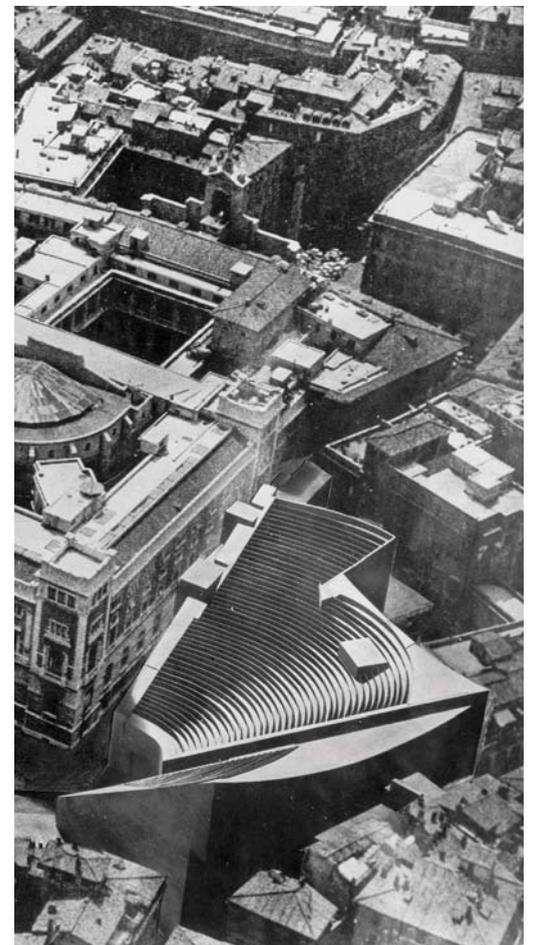
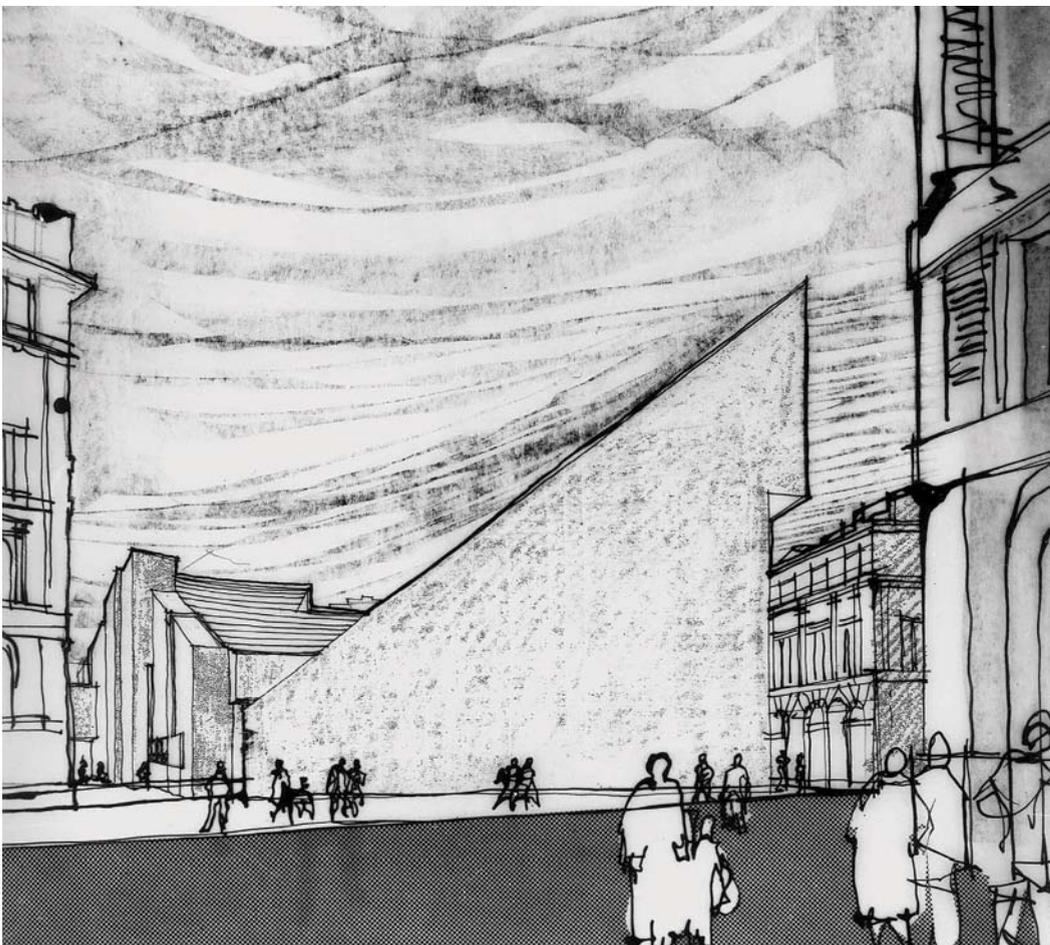
Materials: 2,917 drawings of 807 projects; 31 pads and notebooks; 25 classifiers with correspondence, teaching material, personal papers and documentation of projects; 248 boxes of photographs and slides; 25 models.

State of conservation: good.

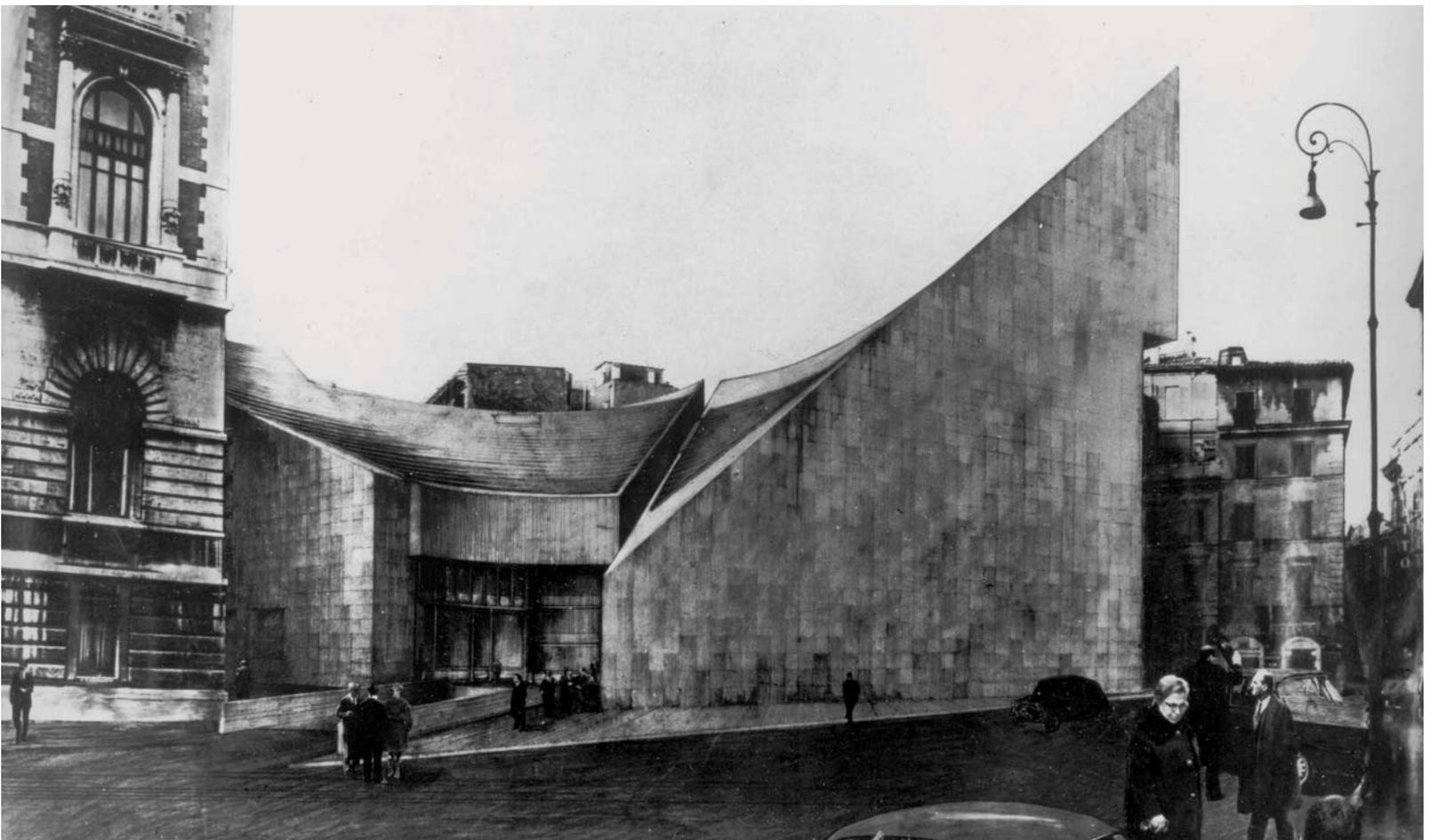
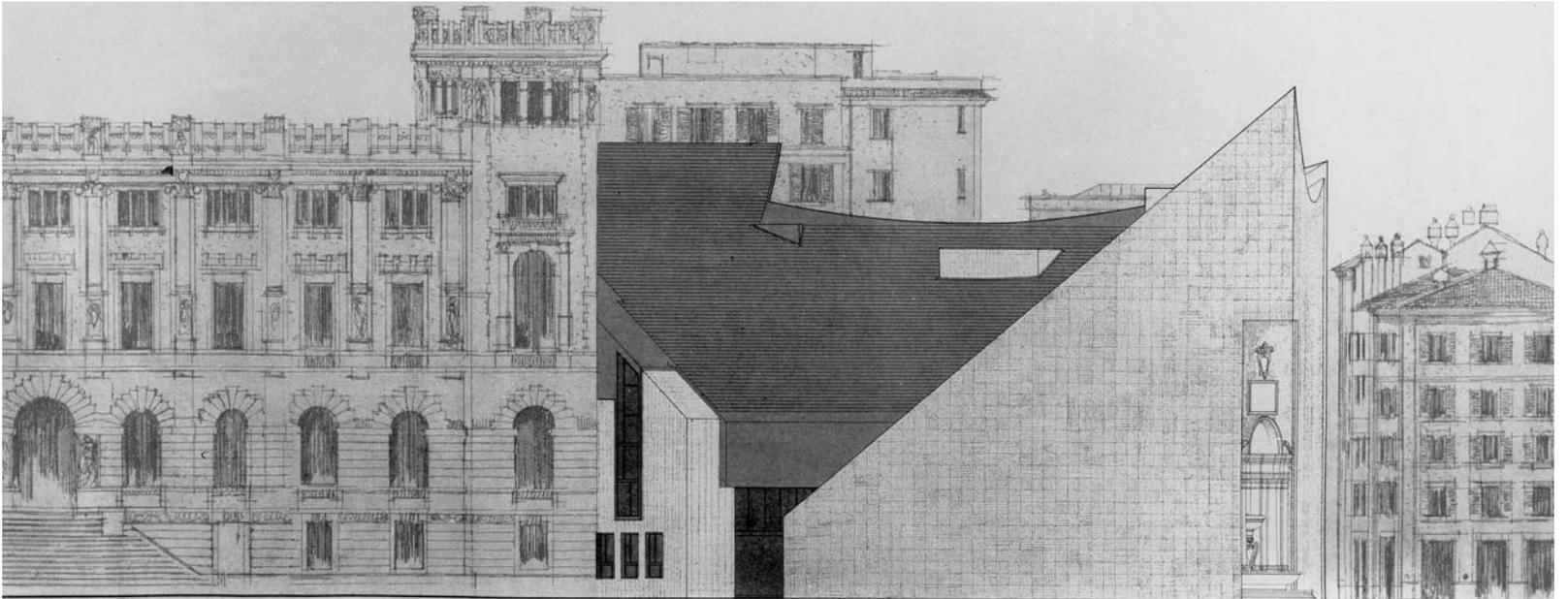
Classification: re-ordered and classified in 1999.

Statement of considerable historical interest: December 10, 1996.

History: the well ordered collection includes all the material produced by the architect during his career. They have been kept either rolled up or folded in envelopes or classifiers.

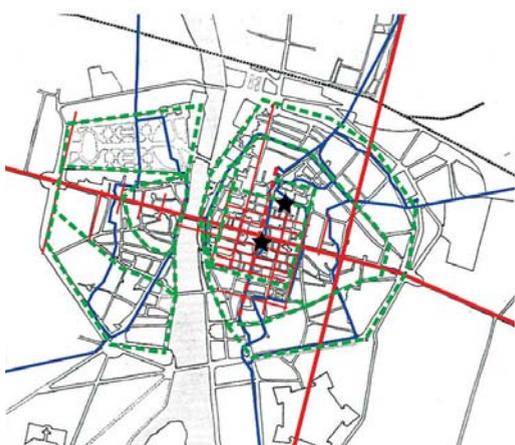
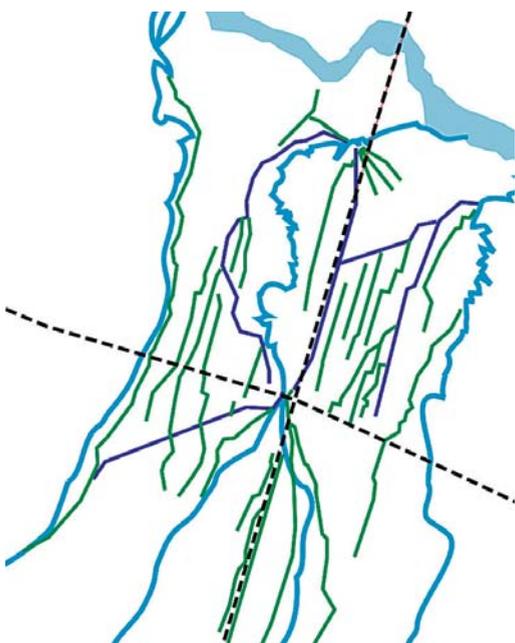


23/ 24/ Vittorio De Feo, progetto di concorso
per il nuovo palazzo per uffici della Camera dei Deputati,
piazza del Parlamento, Roma, 1967
(Archivio De Feo, DARC, Roma).
*Vittorio De Feo, project for the competition for the new office
building at the House of deputies, Piazza del Parlamento,
Rome, 1967 (De Feo Archives, DARC, Rome).*



Michela Rossi

Le vie d'acqua tra rilievo e disegno: l'assetto idraulico e le geometrie del paesaggio parmense



L'affermazione di Le Corbusier, secondo il quale l'uomo primitivo ha messo ordine nel mondo misurandolo, trova riscontro nell'artificialità del paesaggio, dove resta spesso traccia di un'opera nella quale la *misura* è andata di pari passo con la concretizzazione di un *disegno*: elementi naturali e artificiali si fondono tra loro mentre segni riconducibili a un intento pianificato denunciano la volontà di dare un ordine geometrico e misurabile, funzionale alle necessità dell'insediamento e organico alle caratteristiche dell'ambiente. In questo modo l'attuazione di progetti di ampio respiro ha impresso al territorio una successione di forme indelebili, nella cui impostazione si riconoscono le modalità di rilievo che hanno preceduto l'imposizione del nuovo ordine; nella consequenzialità tra *rilievo* e *disegno* si percepisce la concezione di rapporti peculiari tra la città e il territorio, tra l'uomo e il suo ambiente.

Uno dei fattori più incisivi nella trasformazione antropica è costituito dalle opere per il controllo idraulico, basato su sistemi e manufatti che se non sono architetture nel senso monumentale del termine, lo diventano in relazione alla strutturazione del paesaggio. Le acque artificiali raccontano la successione di interventi di grande portata, permettendo di rileggere la storia di una cultura attraverso due creazioni importanti: l'ordine artificiale del paesaggio e la città, per la quale il sistema delle acque costituisce il primo impianto tecnologico, l'infrastruttura primaria che ne condiziona l'articolazione.

Un esempio è offerto dal sistema dei canali del parmense, la cui impostazione formale sottolinea in modo significativo la relazione tra il *rilievo* e l'imposizione di un *disegno*. Al di là dell'interesse per la cartografia storica, lo studio rivela un rapporto specifico con le discipline della rappresentazione per il modo nel quale gli aspetti tecnici del rilevamento si riflettono nelle forme del paesaggio, fondendosi con altri fattori non meno importanti.

Intorno a Parma, l'esistenza di disegni a grande scala governati da geometrie diverse permette l'individuazione di tre fasi distinte, i cui segni si fondono nella morfologia attuale della pianura. Delle prime due non resta alcuna documentazione grafica ma le fonti so-

Waterways in surveys and drawings: water management and the geometric patterns of the landscape around Parma

Le Corbusier believed that primitive man used measurement to introduce order into the world. This statement is corroborated by the artificial style of the landscape where it's often possible to see how measurement is synonymous with the concrete implementation of a plan: natural and artificial elements merge, while the visible signs of a premeditated intervention reveal a desire to give it a geometric and measurable order, functional to the needs of a settlement and organic to the traits of the surroundings. This is how large-scale projects have permanently shaped the landscape and how the design betrays the survey methods used before deciding the new order. The fact that survey and design are consequential reveals the peculiarities of the relationship between the city and the landscape, between man and his environment. Water management is one of the most incisive factors in this anthropical transformation. Even if the relevant systems and constructions cannot, strictly speaking, be considered monumental architecture, they do in fact assume this characteristic in virtue of how they structure the landscape. These artificial waterways provide us with information on these large-scale projects and allow us to review the history of a culture by examining two important creative works: the artificial order of the landscape and the city. The waterways were the first technological construction, the first major infrastructure that influenced the latter's shape and growth.

One example are the canals in the Parma region, insofar as their formal layout emphasizes the relationship between survey and the way in which a plan is elaborated. Apart from this interesting aspect of historical cartography, the study reveals a specific link with the rules governing representation. This is due to the way in which the survey's technical traits are reflected in the shape of the landscape, blending in with other, no less important features.

In the area around Parma, large-scale plans with different geometric layouts have allowed

1/ *Pagina precedente.* Morfologia e disegni della pianura parmense. Negli schemi: i porti fluviali storici coi i navigli e le strade, i canali di centuriazione e quelli di escavazione medievale.

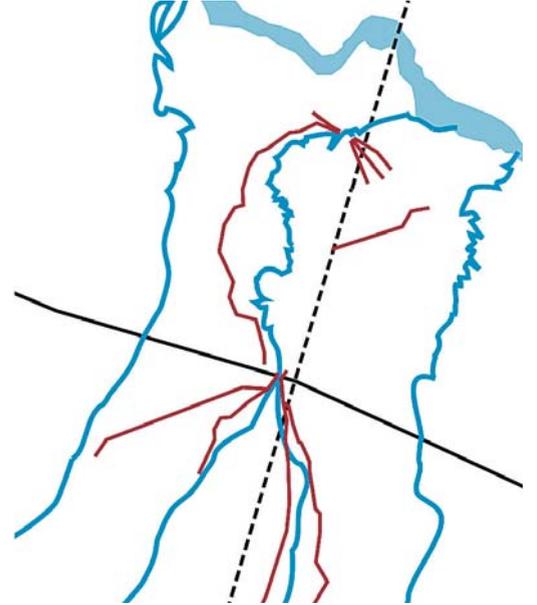
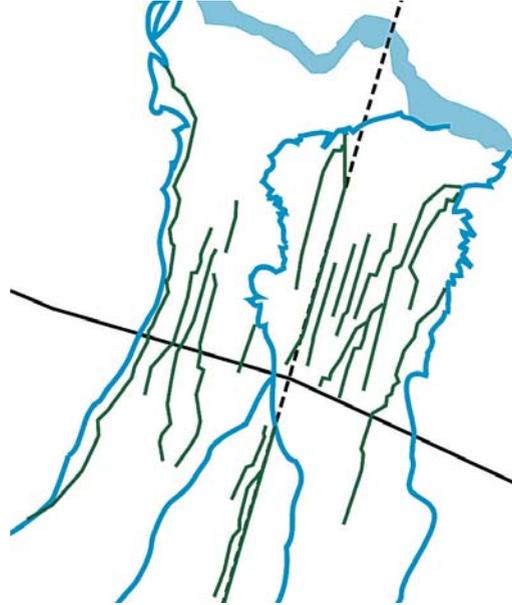
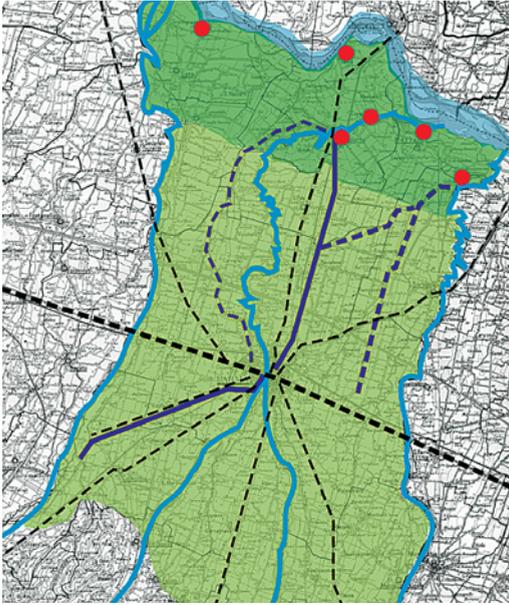
Previous page. *Morphology and drawings of the Parma plains.* In the plans: the historical river ports with its waterways and roads, the Roman division of lands and medieval excavations.

2/ Territorio e impianto urbano. Schema idrografico di fiumi e torrenti, canali e navigli del parmense.

Resti del sistema centuriale della colonia di Parma con i principali canali di drenaggio, nei quali si notano "salti di corsia" riconducibili ai ripristini successivi; sistema delle acque urbane in relazione alle cinte murarie e agli assi della centuriazione, si notino le posizioni del palazzo comunale e del Battistero, serviti rispettivamente dal Canale Comune che segue il cardo urbano e dal Canale Maggiore che lambiva ad oriente la prima cinta.

Countryside and urban settlements.

The hydrographical plan of rivers, streams, canals and waterways in the Parma region. Remains of the Roman division of lands system in the Parma colony and its main drainage canals. Note the "crisscrossing" caused by later interventions; the urban waterways system compared to the city walls and the axis of the Roman division of lands. Note the position of the Town Hall and the Baptistery that both use the Canale Comune that follows the urban cardo and the Canale Maggiore that ran past the first walls to the east.



no confermate dal paesaggio: quello che potrebbe essere definito un *rilievo topologico* del sistema idraulico permette di ricostruire gli antichi interventi di riordino, che a loro volta provano la capacità di controllare l'esecuzione di opere pianificate a grande scala. I canali costituiscono quindi la documentazione diretta dell'esistenza di progetti organici, con rilievi preliminari e restituzioni grafiche di cui non è rimasta altra traccia.

Gli interventi eseguiti dopo l'istituzione del Ducato possono, invece, essere letti attraverso le raccolte cartografiche dell'Archivio di Stato di Parma¹, che documentano in modo puntuale sia le opere che le tecniche di rilevamento e relativa restituzione. Questa preziosa testimonianza permette di seguire l'attuazione di una delle principali fasi di trasformazione del paesaggio, costituita dagli interventi seguiti alla fondazione dello Stato moderno, che dopo le bonifiche di epoca romana e medievale sembra essere l'ultimo progetto di largo respiro sino a tempi recenti.

I disegni

Un reticolo ortogonale di strade e canali, retaggio della centuriazione romana, caratterizza la campagna a cavallo della Via Emilia. La maglia modulare si sovrappone al disegno radiale dei canali che convergono sulla città da monte e da essa si dirigono a valle.

Questi segni a reticolo e a raggiera sono l'eredità dell'imposizione di disegni artificiali, del tentativo di «mettere ordine» nell'ambiente attraverso la sua riorganizzazione idraulica. A nord, verso il Po, le forme diventano meno rigide ma anche nella pianura bassa il paesaggio è il risultato di una lenta successione di interventi antropici. All'origine ci sono modi differenti di intervenire sulle acque in funzione delle caratteristiche del luogo e una diversa concezione del concetto di ordine, del rapporto tra città e territorio e, non ultima, dell'istituzione amministrativa che lo governa.

Tutti sanno che i romani imposero il loro assetto al territorio²: gli assi riferiti ai punti cardinali furono deviati per assecondare le pendenze, divenendo un elemento di continuità tra le forme naturali e il loro ridisegno artificiale. In questo modo nella Pianura Padana alla centuriazione/misurazione si affiancò un'importante opera di drenaggio e bonifica, iniziata con la canalizzazione sino al Po delle acque delle risorgive, convogliate in canali che collegavano al fiume i municipi fondati lungo la Via Emilia. *L'ordine romano* si perde nelle terre basse, dove si evitò di imporre una geometria che non sarebbe stata organica all'idrologia dei luoghi, nonostante interventi importanti sugli alvei.

Centuriazione e bonifica sono i due aspetti di un intervento unitario, legato all'insediamento

us to identify three separate phases, each presented in the plain's current morphology. There is no graphic documentation of the first two phases, but it is the landscape itself that testifies to these sources: what could be called a topological survey of the water management system allows us to re-elaborate the first reorganisation projects that, in turn, bear witness to the carefully controlled execution of these large-scale works. As a result, the canals are the tangible proof of these organic projects involving preliminary surveys and graphic plottings that no longer exist.

The works carried out after the Duchy was created can be assessed using the cartographic collections in the Parma State Archives.¹ The works, survey techniques and plotting are clearly shown in these documents. They are valuable manuscripts that attest to the implementation of one of the main phases of transformation of the landscape involving works carried out after the creation of the modern State. To all intents and purposes, this is the last large-scale project after the reclamation works carried out by the Romans and during the Middle Ages.

The drawings

The countryside around the Via Emilia is characterised by an orthogonal network of roads and canals dating back to the Roman

3/ Procedimenti per la determinazione di dislivelli attraverso ostacoli e per il tracciamento delle gallerie (da Leon Battista Alberti, *I dieci libri di architettura*, Milano, Il Polifilo, 1989). *Procedures to establish the change in gradient between different obstacles and to plan the layout of the tunnels* (Leon Battista Alberti, *I dieci libri di architettura - The ten books of architecture - Milan, Il Polifilo, 1989*).

4/ Smeraldo Smeraldi (?), *Rilievo dei terreni tra Copermio e Ramoscello*, Archivio Storico di Parma, Mappe di fiumi e strade (ASPr), 17/32, s.d. *Smeraldo Smeraldi (?), Survey of the lands between Copermio and Ramoscello, Parma Historical Archives, Maps of rivers & roads (ASPr), 17/32, undated*.



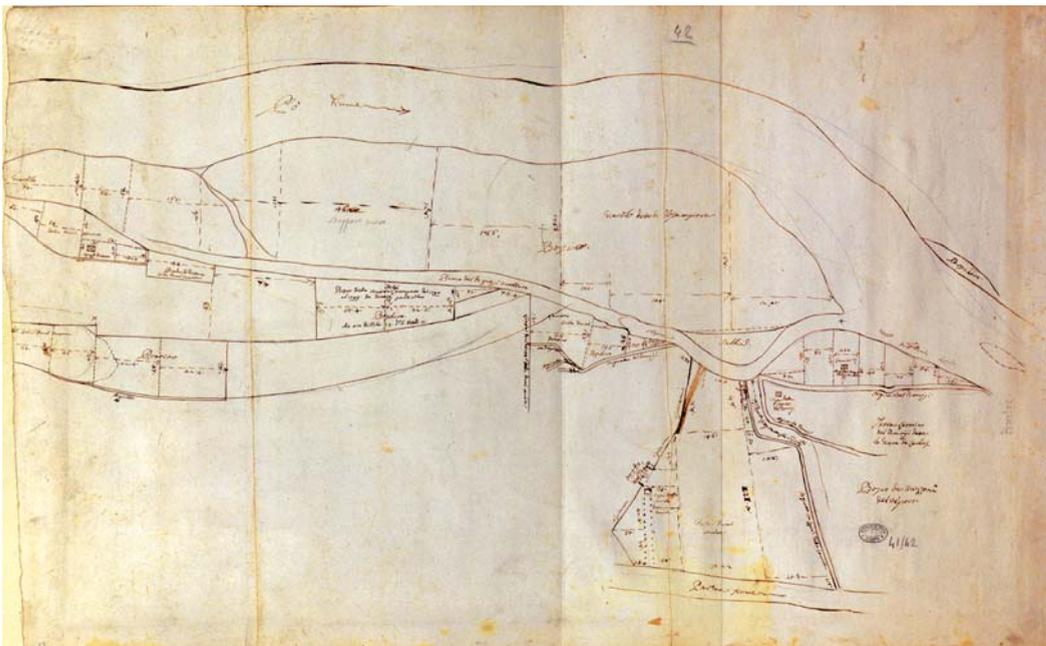
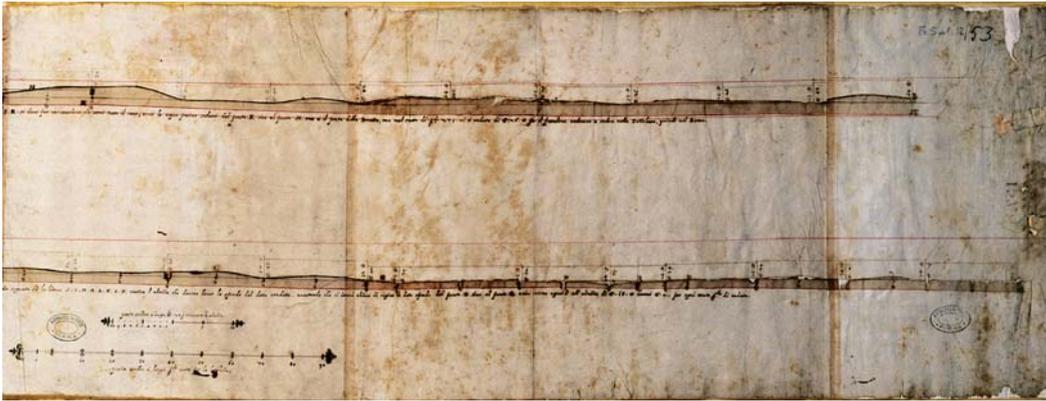
division of land into two hundred juger plots. This modular network reflects the radial pattern of the canals that flow into the city from one side and out the other.

These reticular and “rayed” elements are remnants of artificial projects, of attempts to use water management to impose “order” on the surroundings. To the north, towards the Po river, the spokes are not as straight, but even in the low lying plains the landscape is shaped by a number of gradual anthropical interventions. These works are the result of decisions on how to treat water, taking into consideration the characteristics of the site, the numerous concepts of “order,” the relationship between city and territory and last but not least, local state administrations.

We all know that the Romans imposed their own order on the land²: the axes of the cardinal points were altered according to the gradient and became an element of continuity between natural forms and the way in which they were artificially redesigned. In the plains of the Po Valley, the Roman division/measurement of the land into plots was accompanied by impressive drainage and reclamation works: the karst springs were channelled into the Po river and the water was diverted into canals that linked the settlements along the Via Emilia to the river. The Roman order disappeared in the lowlands, where the only geometry used was dictated by the sites’ hydrology, despite the important works carried out on the riverbeds.

Reclamation and the division of land into plots are two important elements of a single project with a common matrix. The approach exploits the idea of organising housing as settlements controlled by a central administration. The plan’s formal geometric layout betrays the use of a land surveyor’s instrument, the groma, used to map out orthogonal alignments and

- 5/ Smeraldo Smeraldi, *Altimetrie del canale che costeggia la strada per Viarolo*, ASPr, Mappe e disegni, 12/53.
 Smeraldo Smeraldi, *Altimetry of the canal next to the road to Viarolo*, ASPr, *Maps & Drawings*, 12/53.
 6/ Smeraldo Smeraldi, *Progetto di un argine del Po a Gramignazzo*, ASPr, Mappe e disegni, 41/42, 1602.
 Smeraldo Smeraldi, *Design of a bank in the River Po at Gramignazzo*, ASPr, *Maps & Drawings*, 41/42, 1602.



to di una cultura abitativa strutturata in colonie controllate da un'amministrazione centralizzata, che avevano un impianto comune. La geometria del disegno riflette nella sua organizzazione formale l'uso della groma, ideata per il tracciamento di allineamenti ortogonali e quindi funzionale al rilevamento per coordinate degli elementi fisici del territorio, mentre la ripetitività dell'impostazione del disegno denuncia il ruolo paritetico e subordinato delle colonie.

L'importanza dei canali come infrastruttura primaria, implicita nella concezione generale del progetto insediativo, nell'esempio parmense è sottolineata dalla corrispondenza del cardo massimo, sfalsato rispetto a quello del-

la città, con il Naviglio Navigabile che per molti secoli fu il principale collegamento con il Po. L'epoca di escavazione del canale è controversa. Secondo alcuni documenti³ esso risale al XIII secolo, ma mancando riferimenti a un'opera originale è più credibile che nel Medioevo sia stato riaperto un canale preesistente. Il «disegno» riconduce infatti alla centuriazione e conferma la testimonianza di Strabone, secondo il quale Scauro prosciugò le campagne a nord di Parma scavando due canali navigabili dal Po alla città⁴. A sud della città il cardo massimo, è definito dalla Riana, che divide a metà la pianura di confluenza tra i torrenti Parma e Baganza, e non ha relazione idraulica diretta con il Naviglio.

therefore an ideal tool for a coordinated survey of the physical features of the terrain. Instead, the design's repetitive pattern illustrates the settlements' joint and subordinate role.

Here in Parma, the canals' importance as a primary infrastructure is implicit in the overall concept of the settlement design. It is emphasized by the way in which the *cardo maximum*, a little off centre compared to the city, corresponds to the Navigable Canal, for many centuries the main link with the Po river. The date of the canal's construction is still controversial. Some documents³ report it was built in the thirteenth century. However, with no references to an original work, it's more likely that a pre-existent canal was re-opened in the Middle Ages. In fact, the "plan" refers to the Roman division of the land into plots and confirms Strabo's observations according to which Scauro drained the countryside north of Parma by digging two navigable canals from the Po to the city.⁴ To the south of the city, the *cardo maximum* is circumscribed by the river Riana that cuts the plain in half between the two streams, Parma and Baganza, and is not directly hydraulically linked to the Navigable Canal.

The location of the second canal is still vague,⁵ perhaps because it fell into disuse during the Middle Ages when a new hydraulic system was inaugurated between the city and its surroundings. After the fall of the Roman Empire, the drainage system was altered and the plain once again became a marsh. The fluvial topography was always changing because of the heavy rains, swollen rivers and floods; these phenomena either eroded the river banks or created islands or new lands, for instance the Mezzani.⁶ At the start of the twentieth century, hydraulic works began once more. The growing population prompted the construction of large-scale works sponsored by lay consortia that worked with civilian organisations, such as the Communes, that had gradually grown in importance due to the increasingly urban population. Over the last three centuries, the renewed canalisation works and the creation of banks along the Po, yet again changed the lie of the land. The birth of the city in the Middle Ages and its dominance over the countryside hinged on the

7/ Smeraldo Smeraldi, *Argine del Po a Gramignazzo*, ASPr, *Mappe e disegni*, 40/2, 1612.
Smeraldo Smeraldi, *Banks of the River Po at Gramignazzo*, ASPr, *Maps & drawings*, 40/2, 1612.

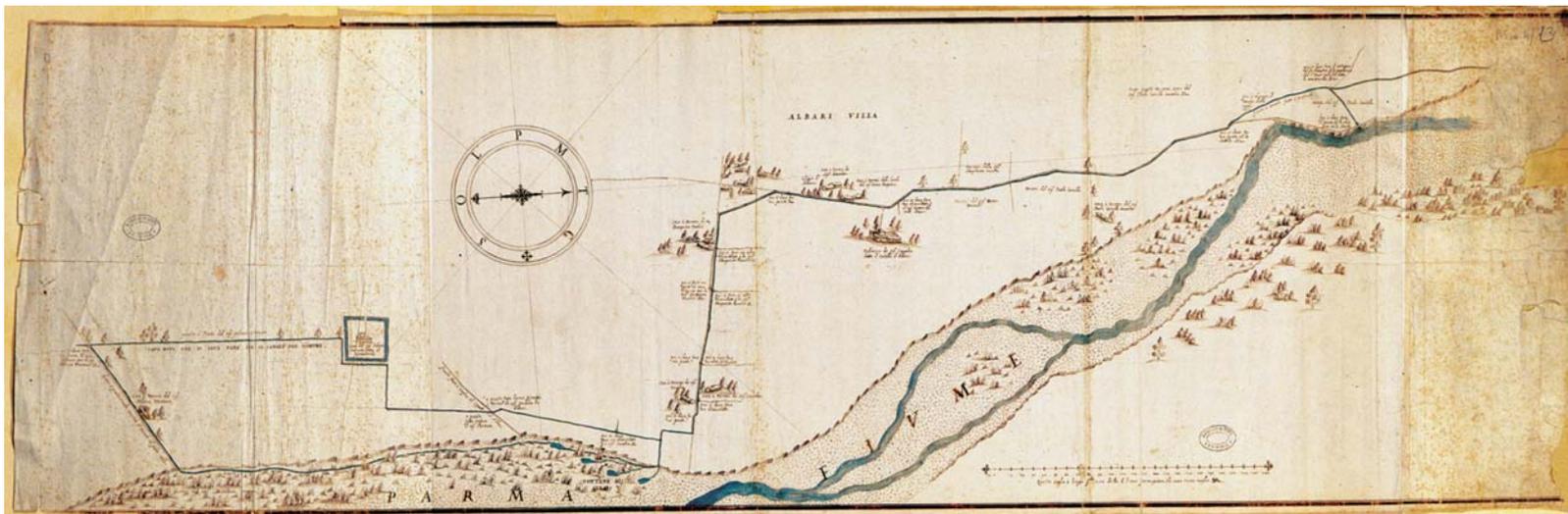
8/ Smeraldo Smeraldi, *Rilievo del torrente Parma e del Canale Comune ad Alberi*, ASPr, *Mappe di fiumi e strade*, 14/13.
Smeraldo Smeraldi, *Survey of the Parma streama and the Canale Comune at Alberi*, ASPr, *Maps of rivers & roads*, 14/13.



Il secondo canale non è stato localizzato con certezza⁵, forse perché se ne perse l'uso nel Medioevo, quando un nuovo sistema idraulico caratterizzò il rapporto tra la città e circondario. In seguito alla caduta dell'impero si alterò il sistema di drenaggio e la pianura si impaludò nuovamente. La topografia fluviale era in continuo cambiamento a causa di forti precipitazioni, piene e alluvioni; queste spostavano i letti dei fiumi erodendo le sponde o aggiun-

do isole e nuove terre, come i *Mezzani*⁶. Con il millennio riprese l'attività idraulica e l'aumento demografico portò alla promozione di ingenti opere, da parte di consorzi laici facenti capo a organizzazioni civili come i Comuni, che avevano acquistato forza dall'inurbamento. Nell'arco di tre secoli, la ripresa dell'attività di canalizzazione delle acque e la creazione delle basi del sistema di arginatura del Po cambiarono nuovamente l'assetto del paesaggio.

construction of two types of canals: those which satisfied the hygienic requirements of the urban settlement and the presence of navigable canals,⁷ that helped the Communes of the Roman settlements. Alongside the canals, water began to be exploited to produce the energy necessary to increase production in the region.⁸ The two main canals that ran through Parma were the Canale Maggiore and the Canale Comune. These two canals merged a little to the north of the thirteenth century walls and flowed into the Navigable Canal.⁹ Tradition has it that Theodoric sponsored the construction of these two canals as well as the third and last one. During the period of the Communes, an attempt was made to link the city to the Po river by using another river with a greater mass of water, the Taro. This attempt involved the construction of two canals: the Taro and Otto Mulini canals. The Galasso canal was, or perhaps was intended to link the Otto Mulini canal to the city. These canals only sporadically followed the course of the Roman canals and in general were organised differently. Even if this network was not as complete as the previous one, the radial pattern reflected the city's new role as the focal point of the economic and political interests of the independent administration that governed the surrounding countryside. The general "fan-shaped" plan also testifies to the use of survey instruments inspired by the astrolabe. These instruments made it possible to measure distances using graduated triangles



9/ Smeraldo Smeraldi, *Rilievo di un tratto del Torrente Parma a Malandriano*, ASPr, Mappe di fiumi e Strade, 14/22, 1611. Smeraldo Smeraldi, Survey of part of the Parma stream at Malandriano, ASPr, Maps of rivers & roads, 14/22, 1611.

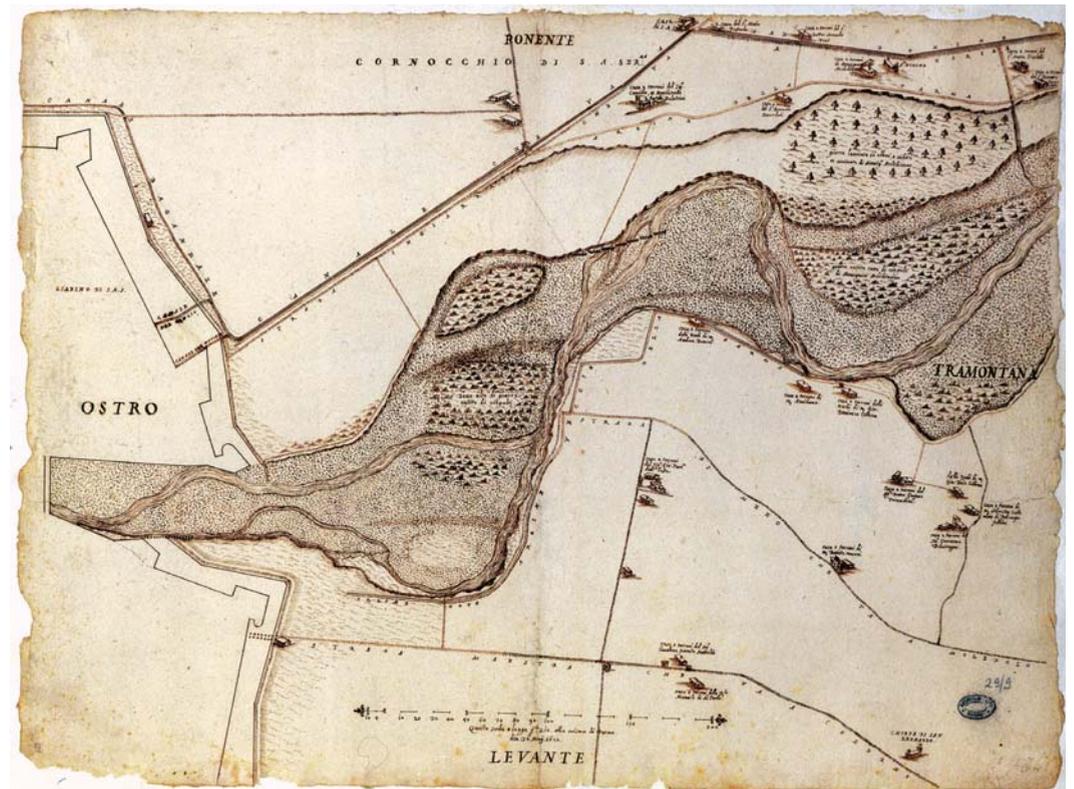
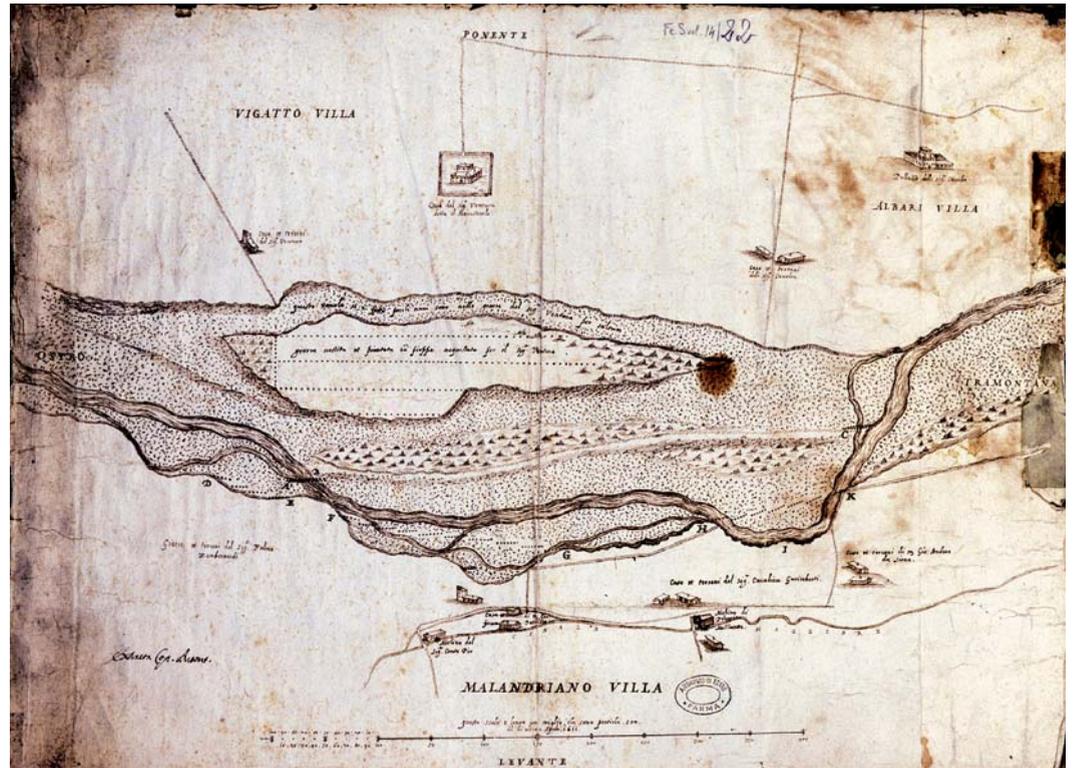
10/ Smeraldo Smeraldi, *Rilievo dell'alveo del torrente Parma all'uscita dalla città tra il Cornocchio e San Leonardo*, ASPr, Mappe e Disegni, 29/9, 1620. Smeraldo Smeraldi, Survey of the riverbed of the Parma stream just outside the city between Cornocchio and San Leonardo, ASPr, Maps & Drawings, 29/9, 1620.

La rinascita medievale delle città e il suo sopravvento sulla campagna furono legate anche allo scavo di canali per il soddisfacimento dei bisogni igienici del centro urbano e alla presenza di navigli⁷, che favorì i Comuni insediati sulle colonie romane. Lungo i canali si diffuse lo sfruttamento dell'acqua come energia motrice, determinante per il successivo sviluppo produttivo della regione⁸.

I due canali principali che servivano la città di Parma sono il Canale Maggiore e il Canale Comune, che poco a nord delle mura duecentesche si congiungono, alimentando il Naviglio Navigabile⁹. Secondo la tradizione entrambi furono promossi da Teodorico, al quale è stato attribuito anche l'ultimo. In epoca comunale si cercò di collegare la città al Po anche tramite il Taro, più ricco di acqua, scavando il Naviglio del Taro e il Canale Otto Mulini, che forse era o doveva essere collegato alla città attraverso il Canale Galasso.

Questi canali riprendono in modo frammentario il corso di quelli centuriali, ma nel loro insieme hanno un'organizzazione diversa. Anche se meno compiuto del reticolo romano, il loro disegno radiale rispecchia il nuovo ruolo della città come polo accentratore degli interessi economici e politici di un'entità amministrativa autonoma che aveva preso il sopravvento sul territorio circostante. L'impostazione generale a raggiera riflette anche le modalità di rilevamento con strumenti derivati dall'astrolabio, che permettevano di ricavare le distanze da triangoli graduati con il vertice nell'occhio dell'osservatore, situato al centro del territorio da misurare.

Alla fine del Medioevo il paesaggio era improntato sulla centralità urbana, ma all'istituzione del Ducato (1545) la nuova capitale eredita un territorio caratterizzato da un rilevante disordine idrogeologico a causa delle inondazioni e dei diboscamenti del basso Medioevo, che avevano favorito l'erosione dei pendii. Consci dell'importanza del riordino idraulico per il controllo e la valorizzazione del territorio, i duchi promossero una serie di interventi di bonifica, che presero le mosse dal rilevamento delle campagne, dei corsi d'acqua e dei canali, con una misurazione precisa delle pendenze dei letti per coltellazione, particolarmente attenta lungo le aste che dovevano ser-



11/ Smeraldo Smeraldi, *Rilievo delle isole del Po di fronte ai territori di Cortemaggiore e Polesine*, ASPr, Fiumi e Strade, 3/3, 1634.

Smeraldo Smeraldi, Survey of the islands on the Po river near the Cortemaggiore and Polesine areas, *ASPr, Rivers & Roads*, 3/3, 1634.

vire alla navigazione. All'opera fu preposto l'*Ufficio speciale delle Acque*, poi *Congregazione dei Cavamenti*, che dal 1597 al 1634 ebbe come perito Smeraldo Smeraldi¹⁰. Il perito intuì e sostenne la necessità di un intervento organico e unitario, appoggiata dal duca che ne comprese l'importanza per lo sviluppo dell'economia locale; i termini di conferimento dell'incarico e il suo espletamento, del quale resta un'esauriente documentazione¹¹, dimostrano la consapevolezza dell'importanza del controllo delle acque sulla base di una conoscenza misurata del territorio.

Nel corso della sua lunga attività, lo Smeraldi diede corpo alla prima cartografia del Ducato, rilevata con cura e restituita con l'orientamento e la scala di riduzione dei disegni. L'abilità del topografo, che si interessò quasi esclusivamente al rilievo del territorio pianeggiante, era ammirata dai contemporanei per la precisione delle carte in vista zenitale, ricavate verificando l'intersezione in avanti degli angoli con la misurazione delle distanze e procedendo alla restituzione in scala degli appunti, prima della loro ricopiatura finale.

Al valore di questa cartografia per la ricostru-

zione delle trasformazioni del paesaggio si aggiunge l'interesse per la sua ricchezza, varietà e qualità grafica, che documenta le tecniche di rilevamento e le modalità di restituzione: dai fogli di campagna con gli appunti delle misure, alle prime ricostruzioni approssimate a colori, sino a quella definitiva orientata, in scala di miglia parmigiane, talvolta riprodotta in più copie.

Le tavole in pulito sono realizzate a china o disegnate a matita e acquerellate. Spesso sono riportati gli allineamenti del rilievo per coordinate e le triangolazioni, e talvolta si riconoscono i segni del compasso usato per la restituzione in scala. Le carte a penna, che nonostante la mancanza di colore sono le più accurate, sono arricchite dalla presenza di elementi descrittivi a volo d'uccello: lungo i canali sono riconoscibili i mulini con l'indicazione dei proprietari, sul fiume gli attracchi, i pennelli di difesa e i mulini galleggianti.

Questa terza fase è l'unica documentata da una cartografia importante per quantità e qualità grafica, per la quale è possibile ricostruire con esattezza la successione cronologica dei rilievi e degli interventi. Al rigore del rileva-

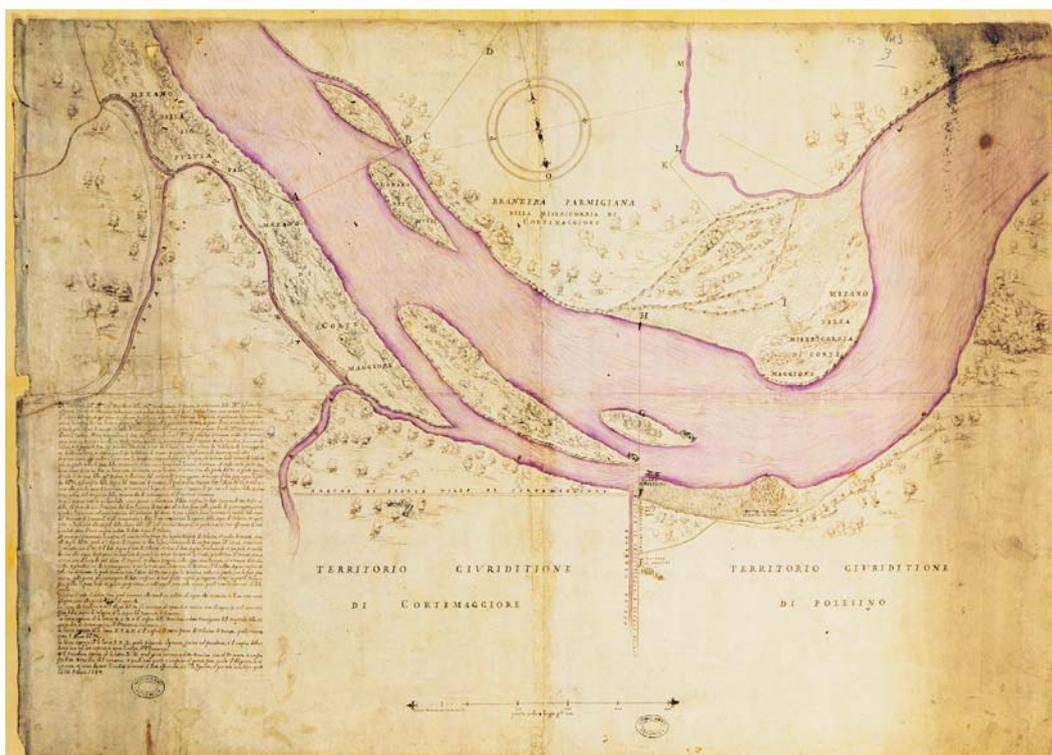
where the vertex was located at the eyelevel of an observer standing at the centre of the land to be measured.

At the end of the Middle Ages, urban centrality had become the main feature of the landscape. However, when the Duchy was created (1545), the countryside around the new capital was in a state of severe hydrogeological chaos due to the floods and deforestation of the late Middle Ages that had facilitated soil erosion. The Dukes were well aware of how important water management was to land development and management, so they sponsored a series of reclamation works starting with the survey of the countryside, the waterways and canals as well as commanding the exact measurement of the gradients of the riverbeds by successive cuts, especially along the waterways used for navigation.

The department responsible for the works was the Ufficio Speciale delle Acque (Special Waterways Office), later known as Congregazione dei Cavamenti (Congregation of the Excavations). The name of the expert who worked on the project from 1597 to 1634 was Smeraldo Smeraldi.¹⁰ Smeraldi intuitively supported the need for an organic and unitary project. In this he was backed by the Duke who understood how important the project was for the growth of the local economy. There is ample documentation of the clauses of the contract and the mandate,¹¹ confirming how important and essential a comprehensive knowledge of the land was to water management.

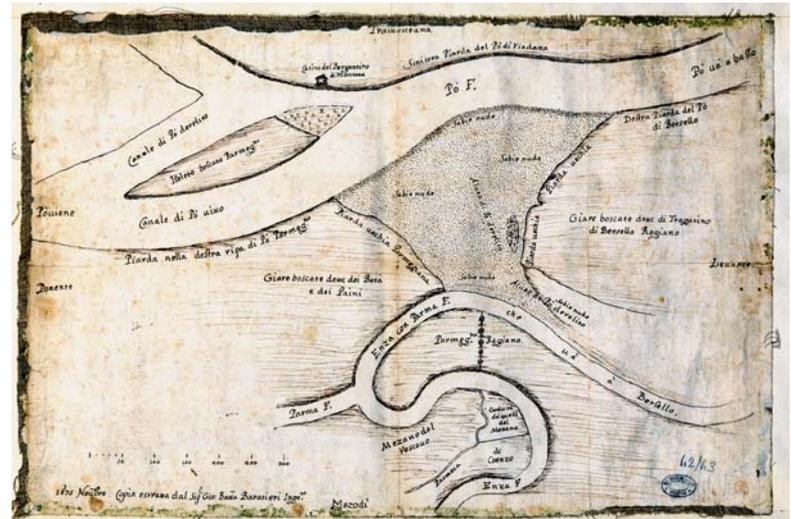
During his long career, Smeraldi produced the Duchy's first cartography. He carried out the survey carefully and plotted it using the bearings and the scale used in drawings. Smeraldi focused almost exclusively on flat land and his skills were admired by his contemporaries for the precision of his zenithal maps. The latter were produced by comparing the advance intersections of the angles with the measurements of the distances and then executing a scale plotting of the notes before the final copy.

This cartography is important not only because it illustrates the transformation of the land, but also because of the details, variety and graphic quality of the survey techniques and



12/ Soldati, *Isole del Po a Mezzani*, ASPr, Mappe e disegni, 42/47, 1645.
Soldati, Islands on the Po river at Mezzani, ASPr, *Maps & Drawings*, 42/47, 1645.

13/ G.B. Barattieri, *Carta della foce dell'Enza*, ASPr, Mappe e Disegni, 42/43, 1675.
 G.B. Barattieri, Map of the mouth of the river Enza, ASPr, *Maps & Drawings*, 42/43, 1675.



mento non corrisponde alcuna imposizione di un ordine geometrico al paesaggio; il riordino abbandona l'essenza formale che aveva caratterizzato le fasi precedenti attraverso l'identità tra i contenuti funzionali del progetto e il disegno del territorio, apparentemente riassorbita da un *corpus* cartografico monumentale, capace di riprodurre gli elementi essenziali. La rappresentazione cartografica assume così un ruolo inedito nel controllo del territorio, riconosciuto fondamentale per l'affermazione politica della nuova realtà statale.

I numerosi progetti per creare una rete efficiente di canali navigabili non ebbero successo, ma il sogno della navigazione lasciò un'eredità importante nel riassetto idraulico e favorì l'insediamento lungo i canali delle attività protoindustriali espulse dalla città alla fine del XVI secolo, con la formazione di sistemi specializzati che sono sopravvissuti sino a tempi recenti.

L'organicità dell'attività seguita all'istituzione del Ducato non più fu eguagliata sino al XIX secolo, quando l'amministrazione napoleonica, riorganizzando ancora una volta lo Stato, promosse la campagna di rilevamento che portò all'istituzione del primo catasto cartografico generale.

Conclusioni. La cultura idraulica, il rilievo e i disegni del paesaggio

La realizzazione di opere per la regimentazione fluviale e lo scavo di canali artificiali richiede conoscenze specifiche circa il compor-

tamento delle acque, il deposito e l'erosione dei letti: il successo delle opere idrauliche è legato infatti alla capacità di mantenere la velocità entro limiti definiti con un rigoroso controllo delle pendenze. Nel loro complesso, gli interventi idraulici presuppongono l'esistenza di piani preordinati, basati sulla conoscenza del territorio, in particolare dei dislivelli e delle distanze, valutati in sede di progetto e controllati in fase esecutiva. Le opere dei tempi antichi quindi sono la prova dello sviluppo di sistemi di misurazione affidabili, dell'esistenza di rilievi e progetti in scala basati su tecniche e strumenti operativi adeguati anche quando non ne resta traccia, nonché della disponibilità di tecnologie atte ad assicurare la durata e l'efficienza dei manufatti¹².

La forte permanenza dei segni lasciati nella pianura parmense è la conferma della perizia degli esecutori nel rilevamento come nella costruzione, senza la quale non sarebbe stato possibile instaurare equilibri artificiali tanto duraturi, proprio perché organici alla morfologia naturale. Questo sottolinea la sensibilità degli esecutori e la loro capacità di comprendere le caratteristiche specifiche dell'ambiente come presupposto del progetto, secondo quello che oggi intendiamo essere la vera finalità del rilievo.

Il delicato equilibrio del riordino artificiale era però destinato ad alterarsi quando fattori esterni ne mutavano le condizioni. Oltre alle trasformazioni climatiche anche i cambiamenti dell'organizzazione amministrativa non si di-

plotting methods. It shows the measurements and field notes, the first rough colour drawings and then the final ones with bearings on a scale (in miles) used in Parma. Sometimes, several copies of these maps were made.

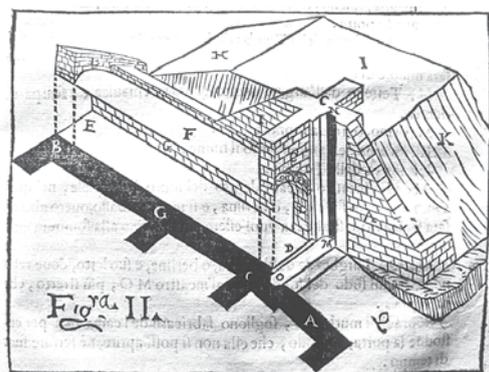
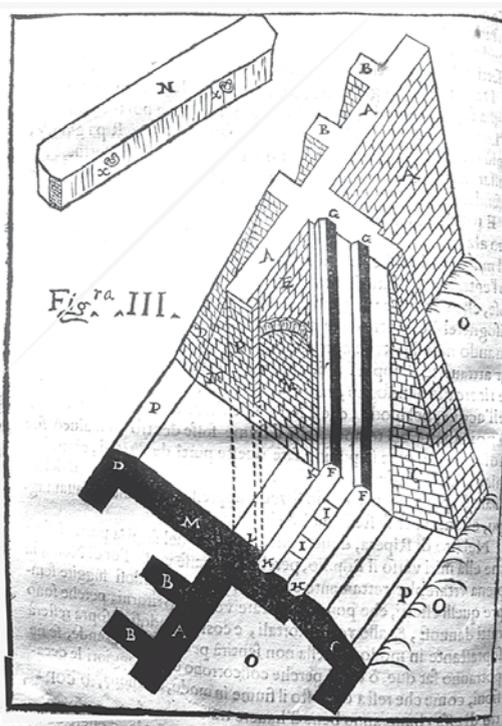
The final copies were drawn in Indian ink or with a pencil and then painted in watercolour. They often contained the survey alignments, their coordinates and triangulations and from time to time, the compass marks used for scale plotting. Despite their lack of colour, the ink maps are the most accurate as well as having a bird's-eye view of the descriptive elements. The maps show the position of the windmills along the canals with the owners' name, the docklands along the river, the defence groynes and the floating windmills.

This third phase is the only one documented with numerous good quality graphic maps that provide an accurate chronological reconstruction of the surveys and works. The accurate and meticulous survey does not, however, correspond to a geometrically ordered landscape. These works eliminate the formal nature of the previous phases involving similarities between the functional contents of the project and the design of the landscape: this aspect apparently fell victim to a monumental cartographic corpus which reproduced only the basic elements. This cartographic representation plays a rather unusual role in land management, considered fundamental to the political success of the new State. Many of the projects designed to create an

14/ Spaccato assonometrico della struttura muraria di un argine e di una chiusa (da G.B. Barattieri, *op. cit.*)
Axonometric projection of the wall structure of a bank and a lock (G.B. Barattieri, op. cit.).

mostrano neutrali rispetto all'impostazione del disegno del territorio e alle sue modificazioni. Il paesaggio parmense si configura così come il principale documento della sua storia e attraverso i suoi canali è possibile rileggere logiche che si sono avvicinate nelle tre fasi principali della sua caratterizzazione:

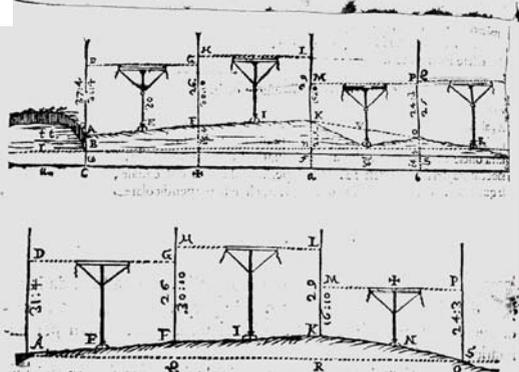
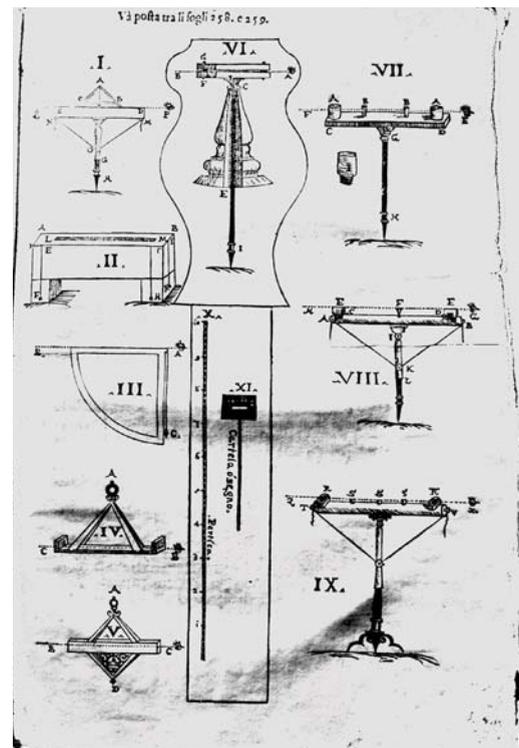
- il *disegno ortogonale* del reticolo centuriale, che ha imposto un ordine geometrico e omogeneo al territorio come conseguenza diretta della sua conquista;
- il *disegno radiale* della riorganizzazione medievale di un territorio imperniato sulla centralità urbana;



15/ Strumentazione per il rilevamento topografico e illustrazione della determinazione dei dislivelli. Riproduzione fotografica da una copia originale del trattato di G.B. Barattieri conservato alla Biblioteca Palatina di Parma, *Architettura d'acque*, Piacenza, Barachi, 1656.
Instruments for a topographic survey and illustration of how to determine the gradient. Photographic reproduction of an original copy of the treatise by G.B. Barattieri in the Biblioteca Palatina in Parma, Architettura d'acque (Architecture of waterways), Piacenza, Barachi, 1656.

– il *ridisegno* moderno, che attraverso il rilievo del territorio ha «ricucito» l'esistente per il riordino generale di un paesaggio già strutturato. Da questi disegni emergono rispettivamente la *geometria* che ha «messo ordine» con la misura, il *disegno* come elemento di affermazione del dominio della città sul territorio e, infine, il ruolo del *rilievo* e della rappresentazione come strumenti essenziali del riordino e della valorizzazione dell'eredità dei secoli precedenti.

□ Michela Rossi – Dipartimento di Ingegneria civile, Università degli Studi di Parma



efficient network of navigable canals were never successful, but the dream left an important legacy in the reorganisation of the waterways and promoted the establishment of proto-industrial activities along the canals, activities that had been driven out of cities at the end of the sixteenth century with the advent of specialised systems that have survived up until recently.

The comprehensive approach implemented by the Duke was unrivalled until the nineteenth century when the Napoleonic administration once again reorganised the State and sponsored the surveys that led to the creation of the first general cartographic land register.

Conclusions. The culture of waterways, survey and landscape design

Specific skills in the field of water management and the deposit and erosion of riverbeds are essential to execute works for the regimentation of rivers and excavation of artificial canals. Their success depends on maintaining the flow within certain limits. This is achieved by controlling the gradient. On the whole, these works require predetermined plans based on an in-depth knowledge of the land, in particular the differences in depth and distance. All these measurements can be calculated during the elaboration of the project and supervised during execution. These ancient works validate the creation of reliable measuring systems, the existence of scale surveys and projects based on techniques and adequate tools – even if these tools no longer exist – as well as the availability of technologies that ensure the resistance and efficiency of the constructed works.¹²

The fact that so many important features still remain on the Parmesan plains bears witness to the expertise of both the surveyors and the builders. Their skills made it possible to create such a long lasting artificial balance because the latter was organic to the natural morphology. All this emphasizes the designers' sensibilities, their ability to understand the specific characteristics of the environment and use these traits as fundamental prerequisites of the project. What we today would call the true objectives of a survey.

Nevertheless, the delicate balance of this artificial management was destined to change

1. Le carte storiche dei canali e del territorio sono conservate nei fondi: *Mappe e disegni, Mappe di fiumi e strade, Confini, Patrimonio dello Stato*.

2. Per la centuriazione del parmense vedi gli scritti di C. Grandinetti e P.L. Tozzi, mentre a scala più ampia si rimanda agli studi di G. Cataldi.

3. Lo storico medievale Fra Salimbene riferisce l'inizio dell'escavazione di due navigli al 1273 e l'inaugurazione del Naviglio al 1291.

4. Strabone, V, 1, 11.

5. Forse esso coincideva con la Naviglia, a est della città, che conduce alla foce dell'Enza.

6. Nel parmense il Comune di Mezzani, rispecchia i confini di un feudo vescovile su isole che si sarebbero formate e attaccate alla terraferma nel Medioevo. M. Minardi, *Le terre dé Mezzani: storia di un comune della bassa parmense nell'età contemporanea*, Parma, La Nazionale, 1989.

7. E. Solmi, *Le diete Imperiali di Roncaglia e la navigazione del Po*, pp. 74, 75.

8. Vedi R.G. Forbes, *Energia motrice*, in *Storia della tecnologia*, Torino, Boringhieri, 1961, vol. II, cap. 17, p. 613.

9. Il primo segue il cardo e serviva gli edifici comunali della piazza, l'altro lambiva le mura della città altomedievale e portava acqua alla vasca del Battistero e al palazzo vescovile, mantenendo distinti gli approvvigionamenti idrici del polo laico e di quello religioso.

10. Io Smeraldo Smeraldi ingegnere et perito della Congregazione dei Cavamenti ..., Catalogo della Mostra, Parma, 1980, Officine Grafiche Step, Parma, 1980.

11. La Biblioteca Palatina di Parma conserva i diari manoscritti con le relazioni dei sopralluoghi e le minute dei rilievi.

12. Alcuni di questi sistemi, in uso tanto nelle tecniche di irrigazione che di captazione e difesa idraulica, si sono tramandati sino a tempi recenti con poche modifiche; le tecniche sono documentate da una bibliografia specifica che risale a Frontino.

when conditions were altered by external factors. Changes in the weather and/or in local administrations were hardly neutral factors in land management and design.

For this reason, the landscape around Parma represents the foremost documentation attesting to its history. Its canals provide the opportunity to reinterpret the reasons behind the three main phases of these changes:

– the orthogonal pattern of the division of land into a network of plots. This imposed a geometric and homogeneous design on the land after its conquest;

– the radial pattern during the Middle Ages of a territory characterised by urban centrality;

– the modern re-design which used survey to “bring together” what already existed in the framework of a large-scale management of a structured area.

These drawings show how geometry – using measurements to “create order,” design – used as an element attesting to the city’s sway over the land and lastly the role of survey and representation are essential tools in this management and development of the legacy of earlier centuries.

1. *The historical documents of the canals and land are kept in the collections: Maps and drawings, Maps of the rivers and roads, Borders, State Property.*

2. *The division of land into plots in the Parma area: see literature by C. Grandinetti and P.L. Tozzi. For more general reading, see studies by G. Cataldi.*

3. *The medieval historian, Fra Salimbene, reports that work on the two navigable canals began in 1273. Their inauguration took place in 1291.*

4. *Strabo, V,1,11.*

5. *Perhaps this coincided with the navigable canal east of the city leading to the mouth of the River Enza.*

6. *In the Parma region, the Municipality of Mezzani has the same borders as a Bishop’s estate. The latter included islands that apparently formed and became attached to the mainland during the Middle Ages. M. Minardi, Le terre dé Mezzani: storia di un comune della bassa parmense nell'età contemporanea, Parma, La Nazionale, 1989.*

7. *E. Solmi, Le diete Imperiali di Roncaglia e la navigazione del Po, p. 74, 75.*

8. *See R.G. Forbes, Energia motrice, in Storia della tecnologia, Turin, Boringhieri, 1961, vol. II, chap. 17, p. 613.*

9. *The former follows the cardo and supplied the municipal buildings in the square. The latter lapped the city walls built during the early Middle Ages and carried water to the fountain of the Baptistry and the Bishopric. The water supply for the clergy and for laymen was kept strictly separate.*

10. *Io Smeraldo Smeraldi ingegnere et perito della Congregazione dei Cavamenti ..., Catalogue of the Exhibition, Parma, 1980, Parma, Officine Grafiche Step, 1980.*

11. *The Palatina Library in Parma houses the manuscript diaries containing reports of the site inspections and survey notes.*

12. *Some of these systems were used in irrigation techniques and to capture water for defensive purposes. Until recently, they were handed down, almost unaltered, from father to son. The techniques are documented in a specific bibliography written by Frontino.*

didattica/didactis

Franco Cervellini

«Niente di default»

Alcune indagini sperimentali intorno alla forma architettonica

Le esperienze che si vogliono documentare sono riferite a elaborazioni condotte nel corso di due tesi di laurea discusse presso la Facoltà di Architettura di Ascoli Piceno. La loro preparazione si è svolta, anche se a distanza di tempo, in sequenza logica e con una stretta relazione problematica¹. Si tratta, infatti, di indagini sperimentali, unitariamente ispirate pur se differenti e via via più evolute, sulle possibilità euristiche offerte dai nuovi processi di formazione con il *disegno digitale*. Così, infatti, pur consapevole della contraddittorietà della associazione dei due termini, preferisco ancora denominare tali elaborazioni assolutamente libere e autoreferenziali, ovvero completamente svincolate da riferimenti programmatici, anche solo di tipo rappresentativo. Si tratta pertanto di esercitazioni di *disegno puro*, ludico, sperimentato nella sua essenza primaria di specifica *forma operativa del pensiero creativo*, applicato a esercizi a tema e variazioni di sviluppo, ossia alla ricerca di «regole e trasgressioni» per l'invenzione e la costruzione della figura architettonica. Disegni, quindi, come manifestazioni di una forma-pensiero non mutevole, ma assolutamente rivisitate nei loro nuovi strumenti. Peraltro, più dell'interesse a sperimentare su tale tematica – cosa che oggi a me pare un'esigenza oggettiva – mi preme sottolineare la motivazione particolare di una comune (a me e ai laureandi) e inquietante sensazione di un'omologazione crescente del disegno al computer. Da qualche tempo nella scuola, e soprattutto fuori di essa, appena superata la prima fase di alfabetizzazione informatica, la curiosità degli utenti a esplorare le qualità dei nuovi mezzi sembra rapidamente attenuarsi. Lo standard su cui ci si attesta è spesso quello più strumentale a disposizione, magari in attesa dei suoi periodici aggiornamenti, più maneggevoli e commercialmente attraenti. Così, presto si manifesta in molti la soggezione a una fascinazione prevaricante dei nuovi strumenti e le loro grandi potenzialità, non compiutamente esperite, tendono piuttosto a istituire, nell'impiego e negli esiti che se ne ricavano, una relazione progressivamente più coe e omogeneizzante.

Disegnare, nel nuovo modo, da irrinunciabile manifestazione conoscitiva soggettiva, sem-

bra correre il rischio di divenire pratica in qualche misura convenzionale ed eterodiretta. In opposizione a ciò, si è assunto, metodologicamente, un atteggiamento critico nei riguardi di quei processi di elaborazione delle immagini digitali, il cui svolgimento rischia spesso di essere *pre-definito* da procedure standardizzate di generazione e renderizzazione. Ed è al medesimo atteggiamento che emblematicamente rimanda, quasi come a uno slogan, il titolo di questo contributo, *Niente di default*, preso a prestito da una felice espressione di A. Lippmann².

A mio avviso, la rilevanza di tale questione merita una riflessione dedicata specificatamente alla didattica. Ritengo, infatti, che l'attuale fase di indispensabile integrazione/ricomposizione digitale dei tradizionali insegnamenti della Rappresentazione vada improntata anche a una ridefinizione della *virtuale gestualità* di ogni allievo, mirando, pur nell'uniformità data dai nuovi strumenti, all'esplicitazione soggettiva, per ognuno, del proprio *esprit de finesse*, specialmente nei territori che il nuovo *esprit de geometrie* va dischiudendo. Oltre alle molte proposte utili avanzate in questa direzione, posso qui solo accennare alla personale radicata convinzione della necessità di una didattica universitaria dei software grafici non dedicata, soprattutto o soltanto, all'acquisizione di una padronanza spedita dei loro protocolli d'azione, ma piuttosto mirata alla comprensione *dell'intelligenza oggettivata* delle loro varie interfacce, ovvero della loro logica costitutiva reticolare. Essa, nei casi migliori, altro non è che un'articolata traduzione dei nostri modi sintetici, più lucidi, di pensare e agire. Ma quella loro frammentazione di comandi e *tools*, pur se arreca spesso qualche difficoltà di interazione – proprio perché si presenta come una mappa concettuale di un «apparato retorico» variegato e modulare (ossia di un apparato scientifico e poetico grammaticalmente e sintatticamente versatile per la produzione di testi) – può, per converso, rivelarsi anche uno stimolo allo sviluppo e all'approfondimento di fecondi atti cognitivi. Disegnare manualmente è sempre stata una produzione di testi iconici, fondata sul cortocircuito poetico istituito tra memoria-intuizione e gesto. Oggi, nel momento in

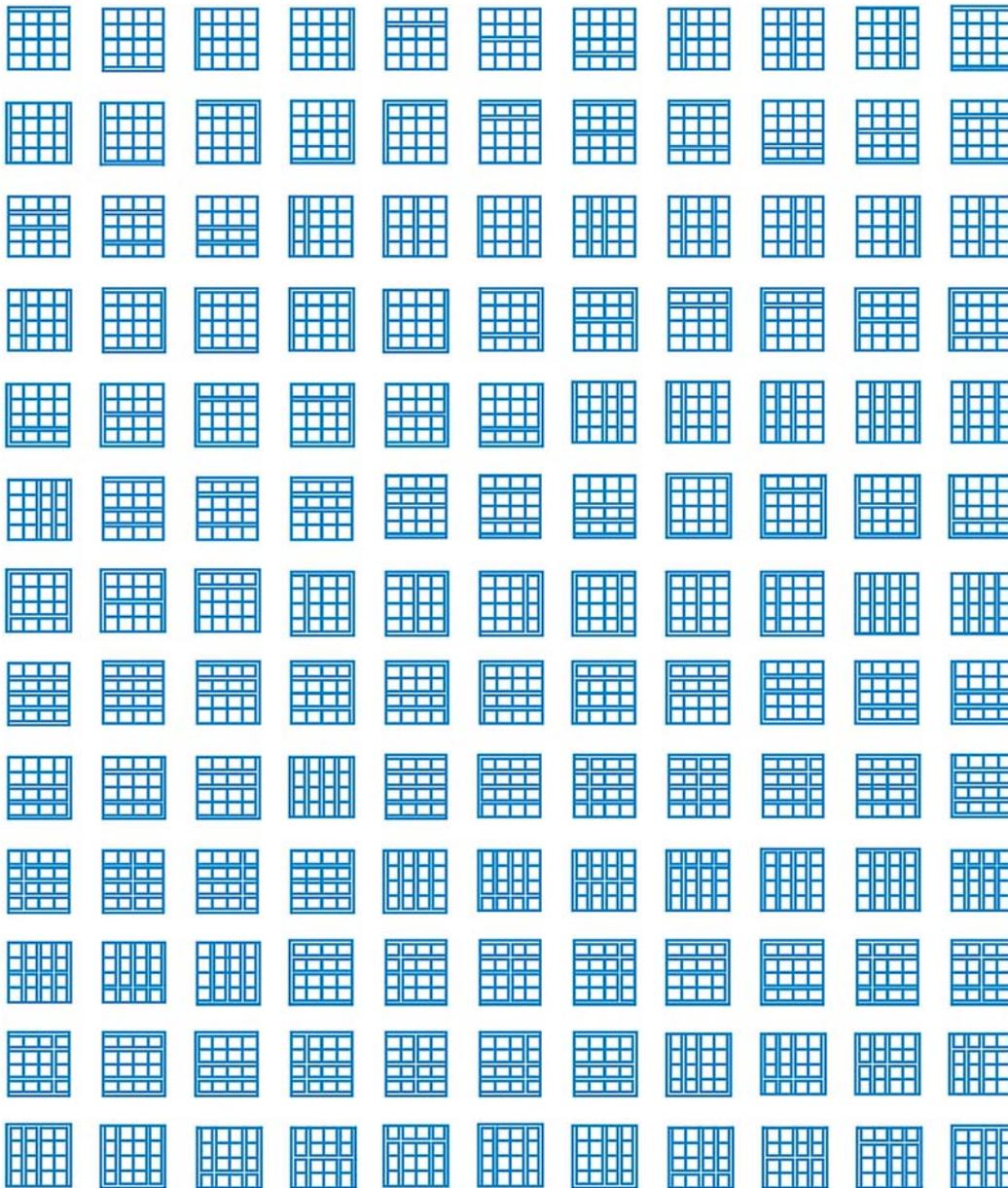
“No default”

On certain experimental studies on architectural form

This article will examine the studies documented in two degree theses presented at the Faculty of Architecture of the University of Ascoli Piceno. They both study the same subject-matter¹ and are sequential, although some time elapsed between their completion. Even if they evolve differently and gradually became more sophisticated, they are experimental studies on the heuristic possibilities of new training methods involving digital drawing. I am well aware of how contradictory it is to associate these two words, but I would still like to consider these studies as being free and independent, in other words completely devoid of objective reference points, even if only representational. These are studies in playful, pure drawing, in which its primary essence is experimented as a specific operational form of creative thought applied to thematic exercises and elaboration variations, i.e. to the search for “rules and transgressions” to invent and build architectural figures. Drawings as the revelation of a unchanging thought-form obtained using completely new tools.

Quite apart from my own considerations, I believe that experimentation in this field is indeed necessary. However, behind this objective evaluation, I wish to emphasize the common concern and growing alarm of both my undergraduates and myself regarding the growing homologation of computer-assisted drawings. For some time now, once students at school, but more so users outside the establishment, have mastered the rudiments of IT technology, their curiosity to explore and discover the possibilities of this new tool quickly seems to wane. Users tend to reach a certain level of competence with the tools available and then simply wait for the easier and commercially more attractive updates. Very quickly, many people become infatuated with an overriding fascination for these new tools and their enormous potential, a potential which is still unproven. Nevertheless, users gradually tend towards a more cogent and homogenising relationship when using this

1/ Daniele Rossi, stralcio dell'abaco preparatorio delle declinazioni possibili di una griglia 4 x 4, per successive graduali sottrazioni dei suoi elementi.
Daniele Rossi, excerpt of the preparatory abacus of the possible variations of a 4x4 grid for successive gradual subtraction of elements.



cui una parte non influente di quel modo di operare è stata dislocata nel modello cognitivo della macchina, è assolutamente necessario decodificarne i ricorsivi procedimenti metaforici.

Peraltro, lo slogan *niente di default* intende chiamare in causa anche un altro problema di carattere più squisitamente architettonico. Obiettivo delle indagini voleva essere anche quello di acquisire elementi di consapevolezza operativa e critica del significato dei diver-

si materiali linguistico-spaziali proposti dalle più recenti tendenze architettoniche, in particolare di quelle che si richiamano all'uso performativo delle nuove tecnologie. Molti di quei materiali che colpiscono oggi l'immaginario dei giovani architetti si ispirano più o meno esplicitamente, o per presupposti concettuali, o per impiego di repertori morfologico-linguistici, a parole-chiave ricorrenti, che più o meno direttamente richiamano la rivoluzione tecnologico-figurativa in atto. Ad

instrument and exploiting the results it produces.

Changing from an essential subjective manifestation of knowledge, this new method signals that drawing is in danger of becoming to some extent a conventional and "hetero-directed" exercise.

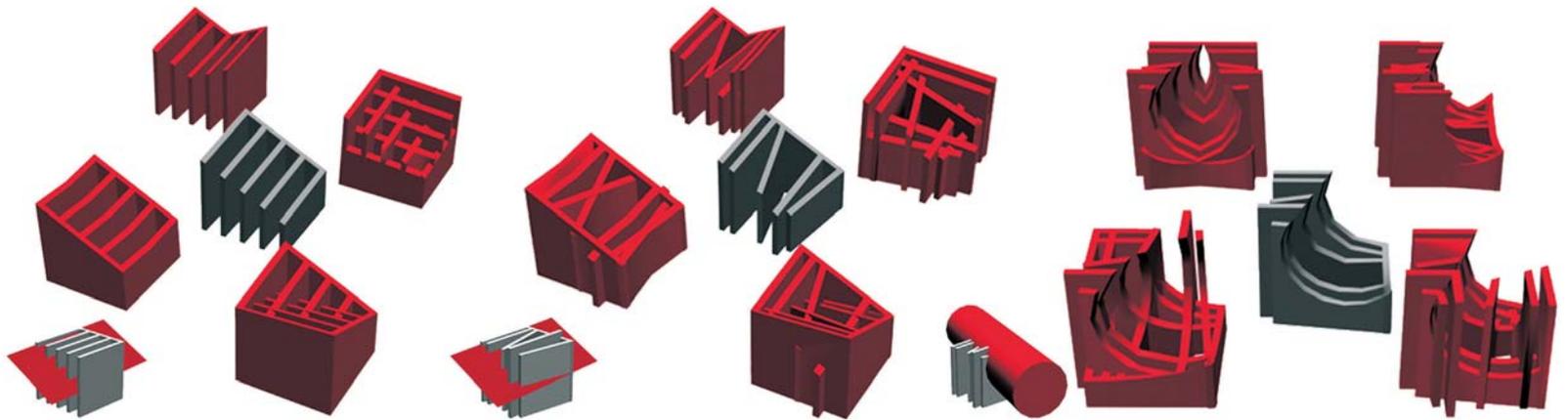
To contrast this, a critical methodology was adopted when elaborating digital images since this process often risks being pre-defined by standard procedures of generation and rendering. No default, borrowed from a well formulated expression by A. Lippmann.² is the approach to which the title of this article emblematically refers, almost like a slogan.

In my opinion, this issue is so important that we should also deal specifically with the teaching aspect. In fact, I believe that this crucial phase of integration/reconversion of the digital tool with the traditional teachings of Representation should attempt to redefine every student's virtual gestural skills. We should aim at subjectively explaining each one's esprit de finesse, especially in the areas opened up by this new esprit de geometrie.

Apart from the many useful proposals on the subject, I am personally convinced that it is necessary to teach graphic software in universities not only, or not mainly, to make students master the programme's scope and usefulness, but to make them understand the objectivised intelligence of the various interfaces, in other words their constitutive reticular logic. In the best of cases, this is nothing more than an articulated rendition of our more concise and lucid ways of thinking and behaving. The fragmentation of commands and tools often makes interaction problematic because it looks like a conceptual map of a varied and modular "rhetoric apparatus," in other words, a versatile scientific and grammatically and syntactically poetic piece of equipment for the construction of text. However, even if this were true, it is also an incentive for the development and meticulous study of fecund cognitive feats. Manual drawing has always meant the creation of iconic texts based on the poetical short-circuit between memory-intuition and gesture. Nowadays when an important and powerful part of this work method has been transferred

2/ Daniele Rossi, stralci di un abaco di trasformazioni booleane di intersezione/sottrazione di parti, operate su modelli cubici a setti.

Daniele Rossi, excerpts of a Boolean transformative abacus of intersection/subtraction of parts, carried out on cubic models with bearing walls.



esempio: *morphing, scaling, formalizzazione dei flussi delle relazioni e dei movimenti, anti-ortogonalità, leggerezza e immaterialità delle superfici per contrapposizione alle gravità volumetriche e alla loro «obbligata» verticalità, pratiche generative dell'informe e del polimorfo, ecc.*, per quanto riguarda i modi di formazione e manipolazione dei singoli oggetti architettonici; oppure: *dispersione, bricolage, randomizzazione, processualità continua, paratassi, ecc.*, in rapporto alle tecniche di montaggio o assemblaggio dei vari pezzi del progetto (quelle, per intendersi, che venivano chiamate le tecniche compositive d'insieme).

Personalmente credo che il problema di tale invasiva apparizione di riferimenti così diversi nel fare architettura vada letto più attentamente di quanto non suggeriscano le (spesso apodittiche) dichiarazioni degli esponenti della cosiddetta «architettura digitale» sull'avvento ineluttabile di un senso della spazialità architettonica del tutto nuovo, corrispondente ai rivolgimenti tecnologici dei sistemi di comunicazione globale. Tuttavia, al di là dei giudizi di merito sulla nuova produzione architettonica, è indubbio che da più di un decennio – e pertanto sicuramente in contemporaneità con la diffusione delle nuove tecnologie, che però non può essere letta solo in chiave di causa-effetto – si sia manifestata nel dibattito architettonico una crisi dei paradigmi spaziali e linguistici della modernità, e per un loro interno esaurimento, e per l'affievolirsi nei paesi sviluppati del presupposto etico-sociale più caratterizzante di quella architettura, ovvero quello della sua «determinata utilità». Schematizzando per necessità di sintesi,

ritengo che, da un lato, anche sull'architettura sia progressivamente venuta a riflettersi la generale conversione dei modi di produzione dagli oggetti materiali verso gli immateriali, e dall'altro che l'acquisita «superfluità» abbia favorito lo sconfinamento e la contaminazione della stessa architettura verso altri linguaggi e con altri codici artistici. Ebbene, se si concorda anche parzialmente con tali analisi, si deve egualmente convenire che i suddetti rivolgimenti siano «strutturali» e che, conseguentemente, non possano non coinvolgere con sé, «a cascata», anche molti dei saperi e dei modelli concettuali consolidati, tra i quali in particolare il paradigma cartesiano.

Il paradigma cartesiano di interpretazione dello spazio si era definitivamente affermato già agli albori dell'architettura moderna, per costituirne poi a lungo uno dei fondamenti, pur con varie declinazioni. Esso, infatti, avendo reso agevolmente fungibile alla logica generativa e rappresentativa dell'architettura la concezione euclidea, già di per se stessa quasi oggettuale, degli enti primari (punto, retta e piano), con la sua ordinata semplificazione della genesi dei volumi puri, aveva potentemente indirizzato «in chiave protomeccanica» la formazione delle figure architettoniche, peraltro verso un orientamento concorrente a quello della mongiana rappresentazione scientifica di ogni «vera forma» di un oggetto, attraverso le sue sezioni piane. Con ciò in perfetta corrispondenza a quanto postulava la logica della produzione industriale di serie.

È essenzialmente per tali motivi che lo spazio concettuale corrispondente a quel paradigma è divenuto anche un *luogo simbolico* dell'archi-

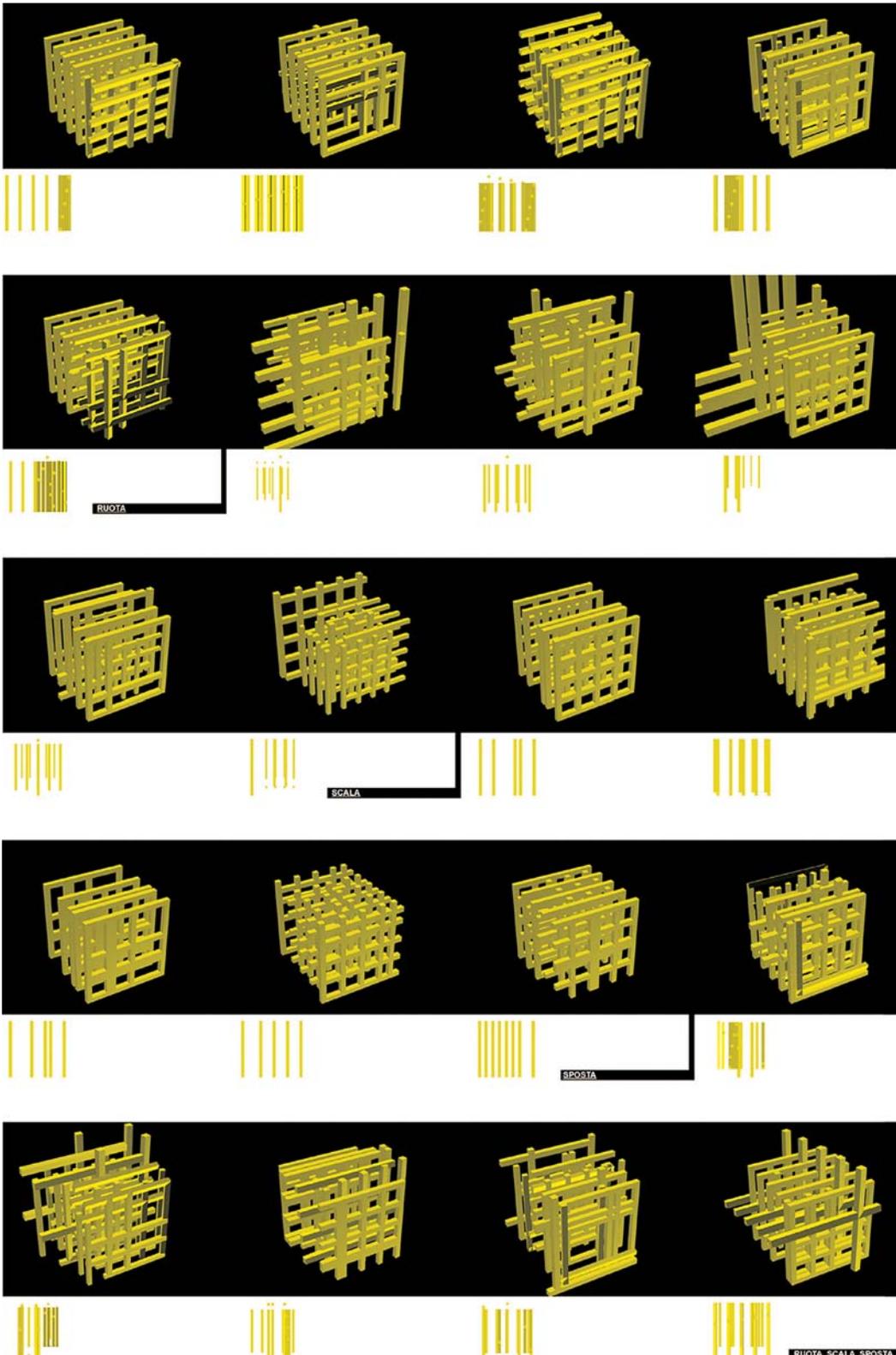
into the cognitive model of the machine, it is absolutely vital to decode its recurrent metaphoric processes.

Furthermore, the slogan, no default, also aims at introducing another purely architectural problem. One of the study's aims was to gain an operative and critical understanding of the meaning and importance of the various stylistic and spatial concepts put forward by recent architectural trends, especially those which exploit the performance of these new technologies. Most of the concepts that currently fire the imagination of young architects are inspired more or less explicitly – either through conceptual assumptions or by the use of morphological and linguistic repertoire – by recurrent keywords that more or less directly refer to this ongoing figurative and technological revolution. For example, when dealing with ways to create and manipulate single architectural objects, these words include: morphing, scaling, formalisation of the flow of relationships and movements, anti-orthogonality, lightness and immaterialness of surfaces through contrast between volumetric gravity and their “obliged” verticality, creative exercises of what is informe and polymorph, etc. Or, when referring to the assembly techniques of different parts of the project (i.e. those called overall compositional techniques): dispersion, bricolage, randomisation, continuous processes, parataxis, etc.

Personally, I think that the problem of this invasive apparition of such totally different concepts involving architectural design should be considered much more carefully than the

3/ Daniele Rossi, abaco di trasformazioni automatiche per traslazioni e rotazioni di modulo cubico generato da una griglia regolare.

Daniele Rossi, an abacus of automatic transformations for transfer or rotation of a cubic model generated by a reticular grid.

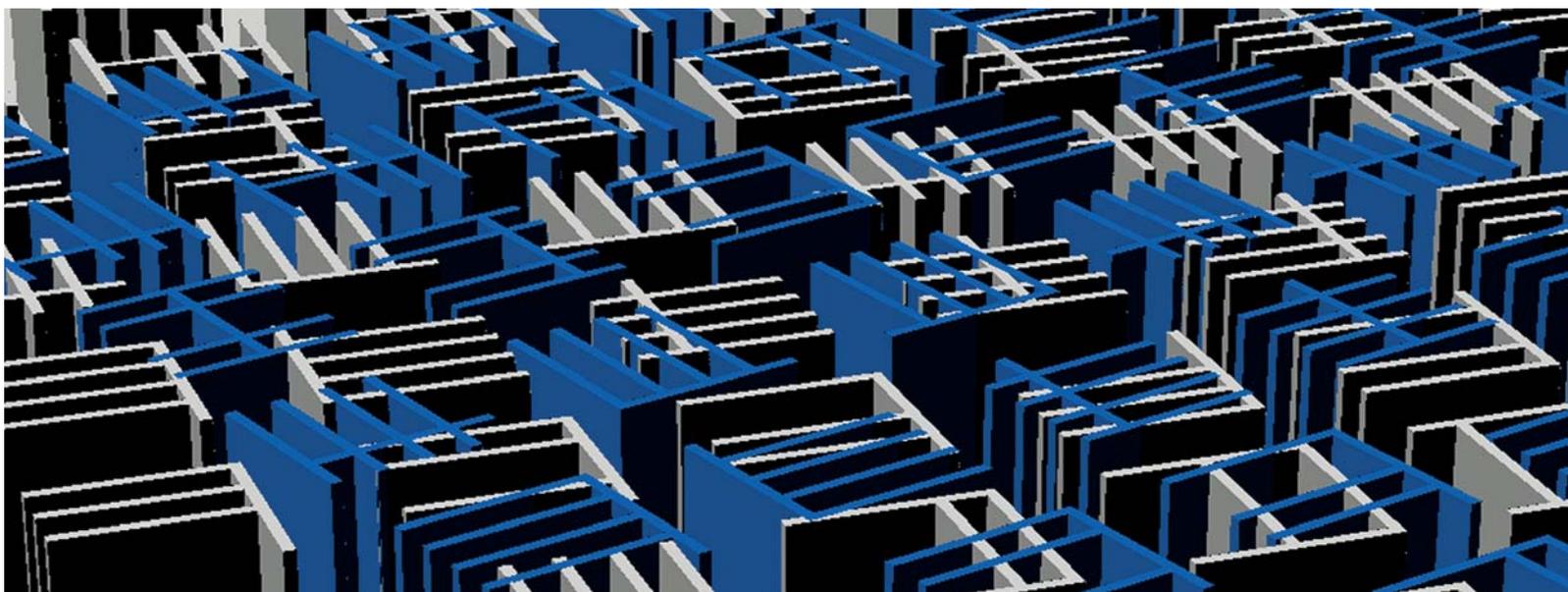


approach endorsed by the (often apodictic) declarations of the supporters of so-called “digital architecture” regarding the inescapable advent of a completely new sense of architectural spatiality corresponding to the technological changes in global communication systems. Quite apart from the merits of this new architectural production, one cannot deny that for over a decade – therefore certainly concurrent with the widespread use of these new technologies which, however, cannot be considered simply as cause and effect – the architectural debate has been stigmatised by a crisis of the spatial and stylistic paradigms of modernity. This crisis is due to the fact that the latter have run their course and the ethical and social criteria that characterised that architecture, i.e. the criteria of its “determined usefulness,” are now less important in developed countries. In order to be brief, I believe that on the one hand, architecture has gradually been influenced by the general change in the production methods from material objects to immaterial objects and on the other hand, that this acquired “superfluosity” has encouraged the infringement and contamination of architecture towards other linguistic expressions and artistic codes. So, if one agrees even in some measure with this analysis, one must also admit that these are “structural” changes and that as a result, these changes have brought in their wake many consolidated conceptual and cognitive models, especially the Cartesian paradigm.

The Cartesian paradigm of the interpretation of space was firmly in place even at the dawn of modern architecture and for a long time was one of its basic tenets, with certain variations. In fact, it made the Euclidean concept of basic notions (point, straight line and plane) – almost object-like in itself – easily fungible to the creative and representative logic of architecture through its ordered simplification of the genesis of pure volumes. By doing this, it was able to direct, “in a proto-mechanical way,” the formation of architectural figures towards an orientation in competition with Monge’s scientific representation of every object’s “true form” by using its flat sections. This corresponded perfectly to the logic

4/ Daniele Rossi, stralcio di formazione automatica di un ambiente tridimensionale prodotto per interazione/interferenza di diversi modelli cubici generati dall'estrusione di una griglia.

Daniele Rossi, excerpt of an automatic formation of a three-dimensional environment produced through interaction/interference of different cubic models generated by the extrusion of a grid.



tettura moderna, sia nella versione *stereometrica* purista/razionalista, sia nella versione *analitica* neoplastica, in entrambe le quali la figura geometrica degli oggetti architettonici, nella generalità, si è costituita tramite una serie di misurazioni triortogonali, metaforicamente equivalenti a genetici *movimenti rigidi* di trasformazione delle forme di base. Di ciò la poetica lecorbusieriana della *sezione generatrice*, corrispondente come in una trafilatrice alla trasformazione congruente di una forma per effetto di una sua traslazione rettilinea, costituisce il riferimento sintetico più emblematico.

In generale, nello spazio triedrico della modernità, la tensione dinamica dei movimenti genetici delle forme sembra quasi sempre essere stata destinata a placarsi secondo un destino di immutabile equilibrio di azioni orizzontali e verticali, alle quali dovevano tendere figurativamente a subordinarsi anche le antiprospectiche eccezioni di obliquità. E anche quando i processi generativi di forma prendevano le mosse da rotazioni e torsioni, essi venivano comunque ricondotti alla primaria capacità organizzatrice di assi e piani cartesianamente coordinati, cui tendevano prevalentemente a riferirsi i loro moti rotatori o di rivoluzione.

A fronte della complessità di tali problemi, i due laureandi, Daniele Rossi e Francesca Coltellacci, si sono mossi con consapevolezza in-

tuitiva, che sarebbe presuntuoso non riconoscere, scegliendo comunque di farne oggetto di conoscenza provata per esperimenti, ad alcuni dei quali dedicheremo delle note sintetiche, a corredo delle immagini.

Il primo, Daniele Rossi, in particolare si è posto a indagare sui «vacillamenti» del riferimento cartesiano dal suo interno – *non a caso ha operato prevalentemente in Autocad* – per così dire, per «regolare i conti» con esso, cercando in primo luogo di verificare e sviscerare le conseguenze linguistiche estreme del (voluto) «fraitendimento» messo in atto su di esso dalle esperienze decostruttiviste (Eisenman in particolare). A questa fase appartengono molti esercizi di deformazione di griglie regolari piane e delle loro derivate gabbie cubiche (figg. 1, 2). Operando essenzialmente ancora per multipli movimenti rigidi di estrusione e rotazione, egli ha prodotto sequenze ordinate di variazioni – *abachi euristici* – in cui le semplici matrici di base procedevano per progressive sottrazioni e disgiunzioni, o viceversa sovrapposizioni e interferenze, che tendevano fino a straniare l'originale collocazione e orientamento spaziale. Un'esercitazione analoga su matrici similari è stata messa in atto anche servendosi di operazioni booleane di unione, sottrazione e intersezione che generavano successive «automatiche» trasformazioni (figg. 3, 4).

postulated by industry's serial production.

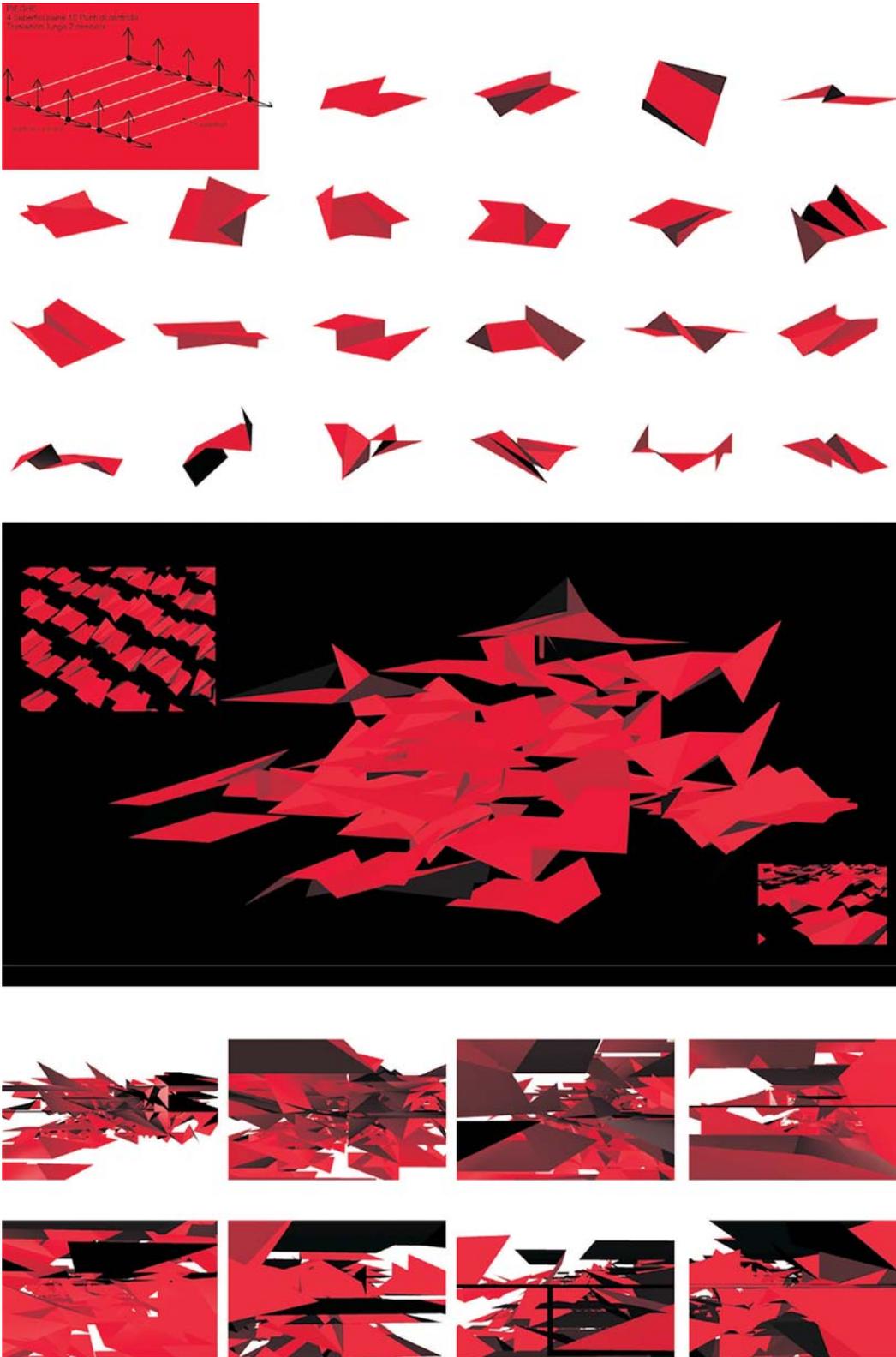
In short, this is the reason why the conceptual space corresponding to that paradigm has also become a symbolic site of modern architecture, be it the purist/rationalist stereometric version or the neoplastic analytical one. In both these versions, the geometric figure of architectural objects has generally been created by using a series of triorthogonal measurements, metaphorically equivalent to rigid genetic transformative movements of basic forms. The most concise emblematic reference of all this is Le Corbusier's poetics of the generative section that corresponds, as in a drawing-machine, to the congruent transformation of a form through rectilinear transfer.

Generally speaking, in the trihedral space of modernity, the dynamic tension of genetic movements of forms seems almost to have been destined to subside according to a destiny of immutable balance of horizontal and vertical actions to which even the antiperspective exceptions of obliquity should have figuratively tended to become subordinate. Even when the generative processes of form took their cue from rotations and torsions, they still depended on the original organisational skills of axes and planes coordinated in a Cartesian manner, towards which their rotary or revolutionary movement tended to strive.

5/ Daniele Rossi, procedura sperimentale per la formazione automatica di ambiti spaziali ripiegati. Le immagini inferiori sono frames di un modello navigabile WRML.

Daniele Rossi, experimental procedure for the automatic formation of folded spatial environments.

The lower images are frames of an explorable WRML model.



Faced with these complex problems, the two undergraduates, Daniele Rossi and Francesca Coltellacci, began to work with what has to be recognised as intuitive intellectual skills. They chose to fathom these problems through experimentation, illustrated here with brief and concise notes and images.

Daniele Rossi decided to study the “wavering” of the Cartesian reference from the inside – not by chance did he work mainly in Autocad – so to speak, to “come to terms” with it. First of all, he tried to verify and extensively investigate the extreme stylistic consequences of the (desired) “misunderstanding” applied to it by the Deconstructivists (especially Eisenman).

This stage involved many exercises in the deformation of flat regular grids and ensuing cubic grids (figs. 1, 2). He continued to operate mainly with multiple rigid movements of extrusion and rotation and produced ordered sequences of variations – heuristic abaci – in which the simple basic matrixes followed on from one another through progressive subtractions and disconnections, or vice versa superimpositions and interferences that continued until they radically modified the original arrangement and spatial orientation. A comparable exercise on similar matrixes was carried out using Boolean operations of unity, subtraction and intersection that generated successive “automatic” transformations (figs. 3, 4).

Another stage involved the possibility of using “programmed chance” to generate assembled spaces with flat elements folded in different ways (fig. 5). The spatial and three-dimensional forms that were produced clearly show their ambiguity, suspended between form and inform, between programmed and haphazard, conjuring up Deleuze’s theorised “emotional space.”

Quite apart from the results achieved, in my opinion the importance of these first experiments lies in the researcher’s attempt to reveal, in an orderly grammatical fashion, some of the true potential of digital design. In other words, the potential of a sort of programmed creative exercise by acting taxonomically on “commands” well known to manipulators of form, but absolutely unproven in their multiple combination, interaction and

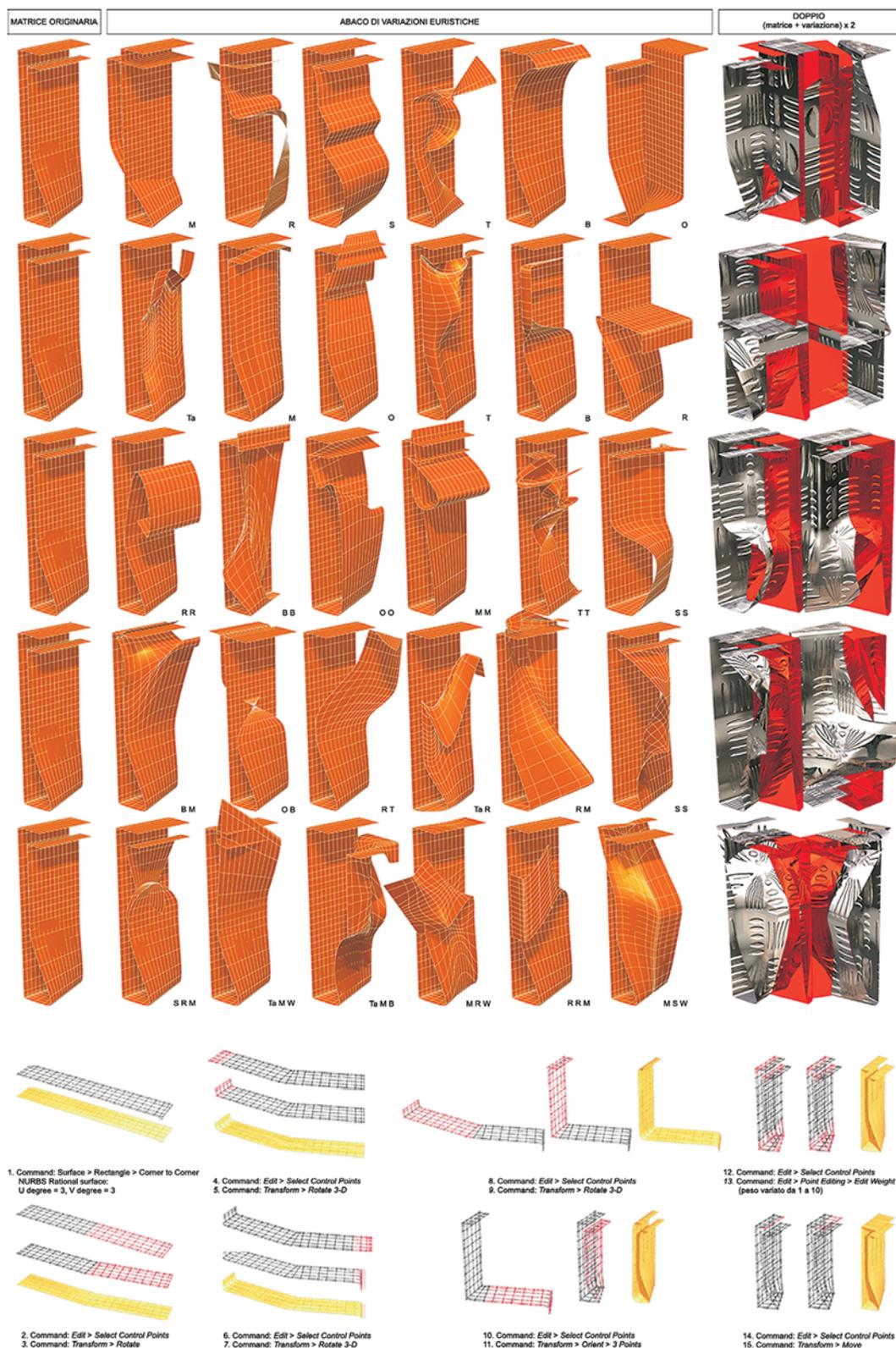
6/ Francesca Coltellacci, abaco di variazioni morfologiche e di *mapping* a partire dalla matrice di una superficie a nastro inflesso (comandi: M-Move, R-Rotate, S-Shear, ecc.).
In basso la procedura generativa del modello.

Francesca Coltellacci, an abacus of morphological and mapping variations starting with the matrix of a folded-over ribbon surface (commands: M-Move, R-Rotate, S-Shear, etc.). Below: the generative procedure of the model.

Un successivo interessante passaggio ha riguardato la possibilità di generare con «programmatica casualità» spazi assemblati con elementi piani variamente ripiegati (fig. 5). Gli ambienti spazio-tridimensionali che ne sono conseguiti mostrano compiutamente tutta la loro ambiguità sospesa tra forma e informe, tra previsto e casuale, richiamando le suggestioni per lo «spazio emozionale» teorizzato da Deleuze.

A mio avviso, ancor più dei risultati ottenuti, il valore di tali primi esperimenti sta nel cercare di disvelare, con ordinato rigore grammaticale, alcune vere potenzialità del disegno digitale, ovvero quelle di consentire una sorta di pratiche inventive a programma, agendo tassonomicamente su «comandi» per nulla sconosciuti a un manipolatore di forme, ma assolutamente non esperibili nella loro molteplice combinazione, interazione e progressione con il disegno tradizionale. In questo consiste il riferimento ripetuto all'*automatismo*, come pratica che non allude a nessuna magia, ma indica lo sviluppo di qualcosa di molto intenzionale, e tuttavia difficilmente prevedibile nei suoi esiti concreti. Per altro verso, un ulteriore elemento di interesse è costituito da una produzione, progressivamente più essenziale, di figure basate sulla riduzione della gamma cromatica, a colori piatti e della massima «semplificazione narrativa», tendenti ad aumentare la loro capacità affermativa come immagini architettoniche in divenire, che miravano cioè a deprimere, fino a eliminarli, tutti gli aspetti simulativo-realistici, per fare piuttosto scattare i gradienti concettuali che devono essere dietro a ogni operazione compositiva.

La seconda laureanda, Francesca Coltellacci, giovandosi dell'esperienza precedente, ha potuto indagare su matrici spaziali più innovative. Lo spazio cui si riferisce, nel quale e del quale vivono i suoi oggetti, appare insieme e contemporaneamente polidimensionale e cinematicamente mutevole, ha diverse scale, mentre si amplia e si restringe all'improvviso come un vortice. Molte delle forme visive che ha formato materializzano (o virtualizzano) una catena di loro trasformazioni che alludono a una *spazialità topologica*, in cui ogni oggetto postula unicamente l'esistenza di una connes-



7/ Francesca Coltellacci, stralcio di una sequenza continua di *frames* appartenenti alla trasformazione di una superficie originariamente tubolare.

Francesca Coltellacci, excerpt of a continuous frames sequence of the transformation of a surface that was originally tubular.



sione continua fra i punti della sua figura. Pensare uno di tali oggetti e rappresentarlo è stato contemporaneamente produrne una sua immagine e la *regola* del suo cambiamento. È stato, cioè, operare in uno spazio che potremmo chiamare *parametrico*, come il modello analitico che lo ordina, di natura vettoriale, in cui le superfici originano e si trasformano continuamente, per estrusione di traiettorie generatrici (NURBS), da cui derivano gli infiniti punti che quelle stesse superfici vanno componendo con il loro moto.

In tale spazio predomina la *free-form* a volte liquida, a volte plastica, a volte metallescamente avvolgente o energeticamente reticolare, ecc.

Se la «divagazione conoscitiva» all'interno di tale diverso spazio costituisce l'ambito sperimentale dell'indagine, la sua prassi operativa si è concretata ancora una volta in una serie di esercizi tematici, a programma, finalizzati a una nuova *morfografia architettonica*, laddove è proprio l'aggettivo che viene chiamato in discussione in alcuni dei suoi limiti tradizionali. Al centro dell'esercitazione è stata posta la possibilità/capacità di formare rigorosamente, attraverso variazioni continue su matrici semplici (un nastro ripiegato, una superficie tubolare o una toroidale, ecc.), oggetti sempre più complessi in cui, spesso volutamente, predomina il carattere plastico, scultoreo (figg. 6-11). Ciò avviene non solo per il processo di contaminazione accennato, quanto per il motivo più «tecnico», dell'uso di un software di *surface modelling* come *Rhinoceros*, col quale cioè sono trattate le superfici di inviluppo dei volumi, che rimangono invece cavità vuote, prive di struttura. Nuove forme che si generano dunque per tutti i tipi di manipolazione tensionale dei loro bordi, appiat-

tendosi e/o, piegandosi, stirandosi, ritorcendosi, ecc. in una susseguenza continua di concavità/concavità e improvvise spigolosità. Così con la sperimentazione «di superficie», ciò che un tempo sarebbe stato interpretato come un debordamento dai limiti di una sperimentazione disciplinare va a confrontarsi con una delle questioni linguistiche peculiari della contemporaneità architettonica³.

Due note meritano infine due aspetti particolari comuni alle due elaborazioni. La prima riguarda l'indicazione metodologica basilica di sperimentare le notevolissime possibilità euristiche del principio classificatorio di successive variazioni su uno stesso tema. Sono convinto che predisporre e confrontare innumerevoli soluzioni di uno stesso tema-oggetto sia un impegno inventivo e d'ordine che necessita di pazienza e passione, ma implica anche un rallentamento, una sospensione riflessiva dell'atto creativo. Classificare è un continuo muoversi fantasticamente tra l'esauritivo e l'incompiuto, è un montaggio teatrale e ludico, un esercizio di scrittura drammaturgica.

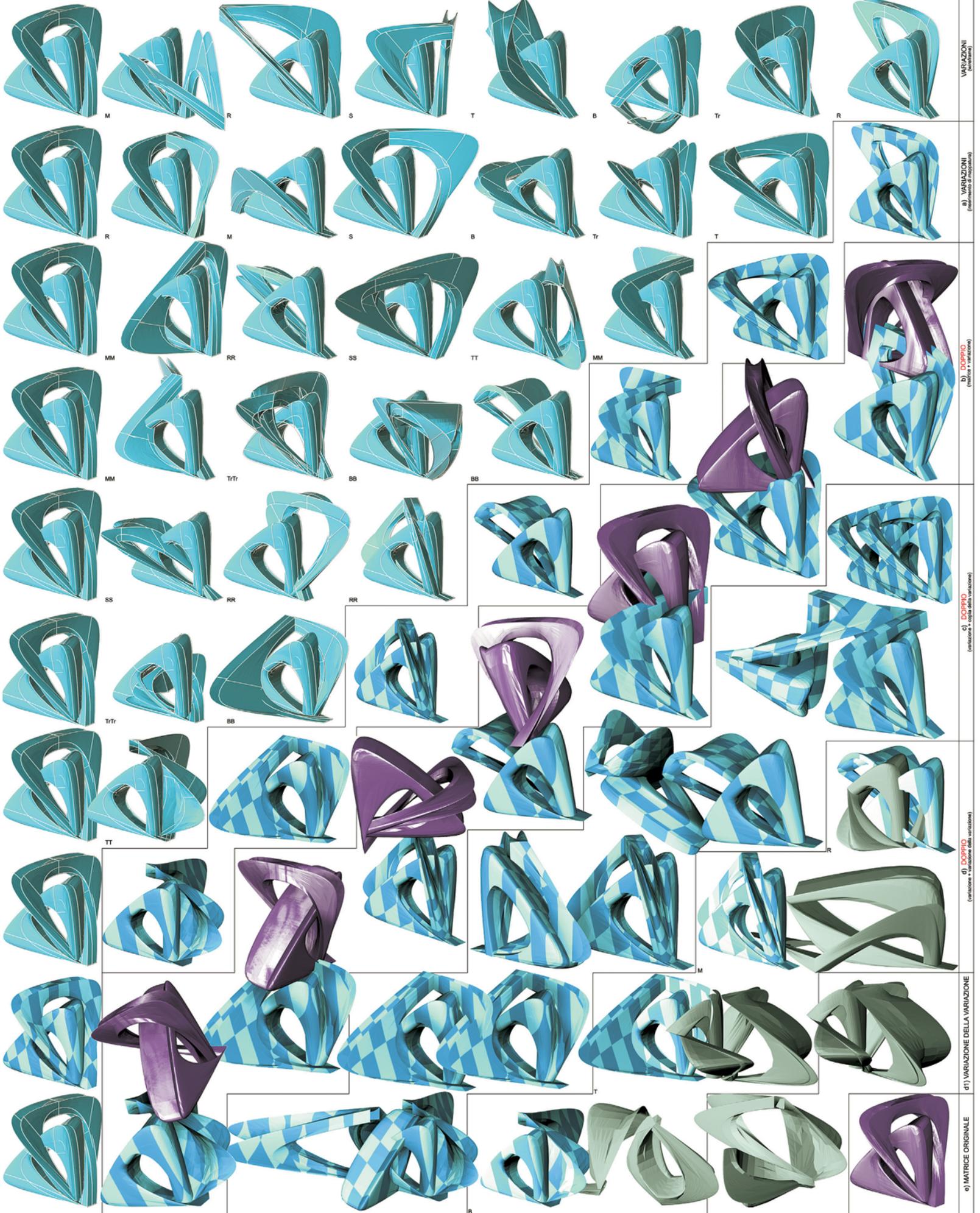
La seconda riguarda la presenza in ciascuna tesi di una sezione dedicata a esperimenti di animazione di alcuni dei costrutti formali prodotti. In generale il ricorso a rappresentazioni cinetiche di modelli anche complessi, ormai largamente diffuso, tende, a offrire un *surplus* rappresentativo capace di visualizzare secondo angoli e punti vista realistici o pannottici i dettagli e le qualità di *scene fisse*, difficilmente individuabili anche in un buon plastico. Nei nostri casi, invece, le animazioni sono state prodotte diversamente, per così dire (approssimativamente) a *piano sequenza*, ovvero con la macchina fissa che riprende al rallentatore le mutazioni degli oggetti nell'evolvere *automaticamente* da un assetto a un al-

progression with traditional design. This is what the repeated reference to automatism consists in: it is not an exercise alluding to any sort of magic, but is indicative of the creation of something very intentional, yet whose tangible results are extremely difficult to envisage. Another interesting aspect is the increasingly essential production of figures, based on the reduction of the chromatic range, with basic colours and maximum "narrative simplification." These figures tend to become architectural images in nuce, in other words they aim at reducing – to the point of elimination – all simulative and realistic aspects so as to activate the mandatory conceptual gradients behind every compositional operation.

The second undergraduate, Francesca Coltellacci, took advantage of this previous study and decided to study the most innovative spatial matrixes. This space, in which, and of which, her objects live, appears to be simultaneously and contemporarily polydimensional and kinetically changeable: it has various scales while it expands and retracts suddenly like a vortex. Many of the visual forms she created materialise (or virtualise) a chain of their own transformations that allude to a topological spatiality in which every object postulates only the existence of a continuous link between the points of its figure. To imagine and represent one of these objects while simultaneously producing the image was the rule governing the change. In other words, to work in a space we could call parametric, like its analytical model, with a vectorial nature, in which the surfaces originate and continually change by extrusion of the generating trajectories (NURBS) belonging to the infinite points that produce this movement.

MATRICE ORIGINARIA
(modello render wireframe)

ABACO DI VARIAZIONI EURISTICHE - PER RIGHE, COLONNE, DIAGONALI



VARIAZIONI
(elemento di riga)

a) VARIAZIONI
(elemento di colonna)

b) DOPPIO
(elemento di diagonale)

c) DOPPIO
(elemento di variazione)

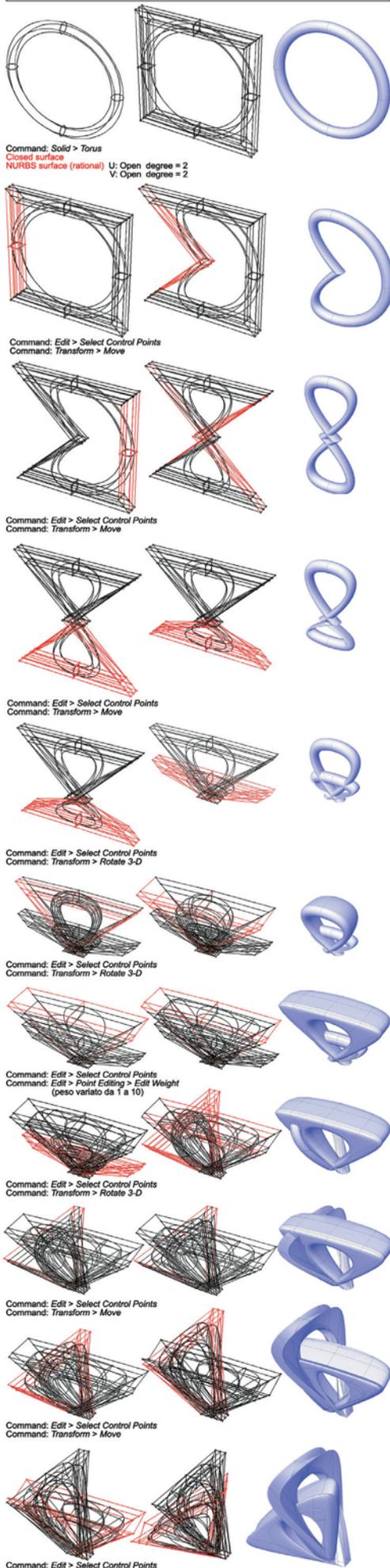
d) DOPPIO
(elemento di variazione)

e) DOPPIO
(elemento di variazione)

f) DOPPIO
(elemento di variazione)

g) DOPPIO
(elemento di variazione)

GENERAZIONE STRUTTURALE DELLA MATRICE ORIGINARIA



8/ Pagina precedente. Francesca Coltellacci, abaco di variazioni morfologiche per righe orizzontali e oblique dalla matrice di una superficie toroidale. Previous page. Francesca Coltellacci, *an abacus of morphological variations for horizontal and oblique lines of the matrix of a toroidal surface.*

9/ Procedura generativa del modello di figura 8. The generative procedure of the model in fig. 8.

tro del loro trasformarsi dallo stadio iniziale a quello definitivo. Ancora una volta per far prevalere la possibilità di intravedere un evento imprevedibile e magari neanche coscientemente ricercato.

Per effetto di *serendipità*, come avrebbe detto Margherita De Simone, e del resto le vere scoperte nel lavoro dei disegnatori si pongono sempre liminarmente tra una compiuta coscienza di ciò che si ricerca e la grande voglia di sperimentare.

□ Franco Cervellini – Facoltà di Architettura, Università degli Studi di Camerino, Sede di Ascoli Piceno

1. La tesi di Daniele Rossi è dell' ottobre 2000, quella di Francesca Coltellacci dell'aprile 2003. Di entrambe le tesi sono stato il relatore, mentre Daniele Rossi ha svolto il compito di correlatore della seconda tesi.

2. A. Lippmann, ricercatore del Media Lab del Mit, ha definito «nessun default» tra gli attributi che devono essere posseduti da qualunque scambio comunicativo che possa correttamente dirsi interattivo. Vedi al riguardo R. Polillo, *Il design dell'interazione*, in *Il progetto delle interfacce, oggetti colloquiali e protesi virtuali*, a cura di G. Aneschi, Milano, 1993.

3. Tra i molti saggi recentemente dedicati al tema della superficie in architettura segnalo quello di Alicia Imperia, *Nuove bidimensionalità – Tensioni superficiali nell'architettura digitale*, Roma, 2001.

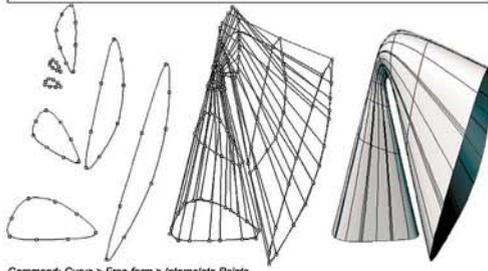
This space is dominated by free-form which is sometimes liquid, sometimes plastic and sometimes metallicly enveloping or energetically reticular, etc. If the “cognitive divagation” inside this different space constitutes the study’s experimental environment, its operative methods once again focused on a series of programmed thematic tests to discover a new architectural morphology, because it is the traditional limits of this adjective that is called into question. The study concentrated on the possibility/ability to rigorously form – by using continuous variations of simple matrixes (a folded band, a tubular or toroidal surface, etc.) – increasingly complex objects in which the plastic or sculptural quality is purposely dominant (figs. 6, 11). This is due not so much to the above-mentioned contamination process, but to a more “technical” reason associated with a surface modelling software like Rhinoceros used to treat the envelope surfaces of the volumes that instead remain empty unstructured cavities. New forms that are generated for all types of tensional manipulation of their edges, either becoming flat and/or folded, stretched or twisted, etc., in a continuous succession of concavities/convexities and sudden angular shapes. This “surface” experimentation would once have been considered as trespassing on the limits of the remit of a branch of learning. Now it tackles one of the stylistic questions of contemporary architecture.³

There are two noteworthy aspects common to both studies. The first concerns the basic methodological indication to experiment the infinite heuristic possibilities of the classification of successive variations of the same theme. I am convinced that to arrange and compare the endless solutions of a similar theme-object is a task involving dedication and order. It requires patience and passion as well as a slowing-down and a reflective deferral of the creative act. Classification involves moving back and forth between what is complete and what is incomplete. It is a theatrical and playful assembly, an exercise in dramaturgic script.

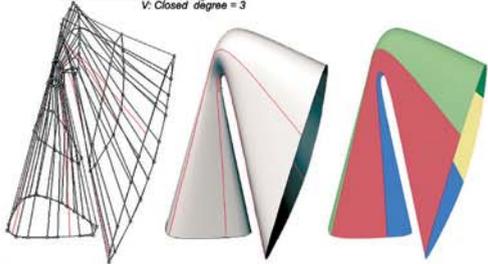
The second involves the presence in each thesis of a section dedicated to experiments to



GENERAZIONE STRUTTURALE DELLA MATRICE ORIGINALE
DALL'ELEMENTO DI BASE



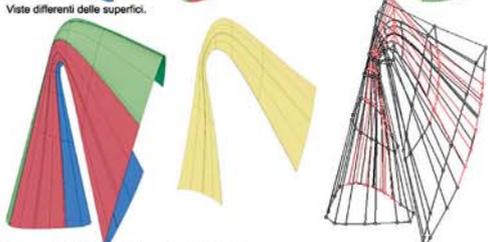
Command: Curve > Free-form > Interpolate Points
Command: Surface > Loft
Command: Edit > Object Properties
NURBS surface U: Open degree = 3
V: Closed degree = 3



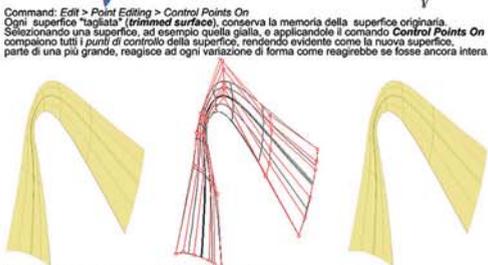
Command: Edit > Split
La superficie è tagliata da quattro sue isoparm,
che nell'immagine appaiono in rosso.
Command: Edit > Object Properties
4 trimmed NURBS surface U: Open degree = 3
V: Closed degree = 3



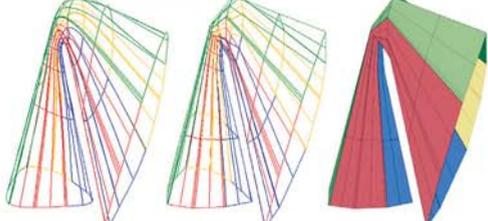
Viste differenti delle superfici.



Command: Edit > Point Editing > Control Points On
Ogni superficie "tagliata" (trimmed surface), conserva la memoria della superficie originaria.
Selezionando una superficie, ad esempio quella gialla, e applicando il comando **Control Points On**
compaiono tutti i punti di controllo della superficie, rendendo evidente come la nuova superficie
parla di una più grande, reagisce ad ogni variazione di forma come reagirebbe se fosse ancora intera.



Command: Surface > Edit Tools > Shrink Trimmed Surface
E' il comando che permette di cancellare la "memoria" di una superficie trimmed. Questa sorta
di memoria interessa solamente le proprietà strutturali della superficie, non la sua forma.
Command: Edit > Object Properties
NURBS surface U: Open degree = 3
V: Open degree = 3



Command: Transform > Copy
Command: Surface > Edit Tools > Change Degree
Command: Edit > Object Properties
4 NURBS surface U: Open degree = 1
V: Open degree = 1



Command: Transform > Move

10/ Pagina precedente. Francesca Coltellacci,
abaco di variazioni morfologiche e di *mapping* dalla matrice
di una superficie composita a *clessidra*,
ottenuta per combinazione di due superfici tubolari ripiegate
e frammentate.

Previous page. Francesca Coltellacci,
an abacus of morphological and mapping variations
from the matrix of a composite hour-glass surface, obtained by
combining two folded and fragmented tubular surfaces.

11/ Procedura generativa del modello che mostra
come la seconda superficie si riduca a una poligonale.
The generative procedure of the model shows
how the second surface is reduced to a polygonal line.

animate some of the formal objects produced. Generally speaking, the use of kinetic representations of models that can be quite complex – something that is now commonplace – tends to provide a representative surplus capable of visualising, according to realistic or panoptic points of view and angles, the details and traits of fixed scenes that would otherwise be difficult to see even in a good plastic model. Instead, in both cases, animation was produced in a different way, so to speak (more or less) in a sequence. In other words, the equipment did not move but registered in slow motion the changes in the objects as they evolved automatically from one stage to another of their transformation, from their initial form to their final one. Once again, the aim was to make it possible to visualise an unpredictable event, perhaps not even consciously desired. Serendipity, as Margherita de Simone would have said. After all, real discoveries in the field of draftsmen always take place in no man's land between the acknowledged awareness of one's goal and our immense yearning to experiment.

1. The thesis by Daniele Rossi is dated October 2000. The one by Francesca Coltellacci, April 2003. I was the rapporteur for both and Daniele Rossi was the co-rapporteur for the second thesis.

2. A. Lippmann is a researcher at the MIT Media Lab. He defined as "no default" one of the criteria that has to be present in any communicative exchange that can correctly be called interactive. See R. Polillo, Il design dell'interazione, in Il progetto delle interface, oggetti colloquiali e protesi virtuali, edited by G. Aneschi, Milan, 1993.

3. Among the many essays recently written on the subject of surface in architecture, I would like to cite the one by Alicia Imperiale, Nuove bidimensionalità – Tensioni superficiali nell'architettura digitale, Rome, 2001.

didattica/didactis

Ghisi Grütter

Il disegno del manifesto

La concezione di *graphic design* ha una duplice origine. Da un lato, il tipografo è il più diretto progenitore come tecnico e cultore dell'arte della stampa, ricercatore dei rapporti compositivi, degli equilibri e delle proporzioni negli elementi fondamentali dello stampato; spesso lo stesso tipografo è progettista e disegnatore di caratteri, basti pensare a Bodoni, Didot o Baskerville. Dall'altro lato, il pittore è invece da considerarsi il padre del *graphic design* in quanto spirito orientato verso una maggiore libertà espressiva, una differente ricerca di valori cromatici e compositivi.

Le nuove istanze di riproducibilità dell'opera d'arte alla fine del XIX secolo richiedono una nuova figura con competenze sia artistiche, sia tecnologiche.

La riproduzione tecnica dell'opera d'arte si affermò nella storia a intermittenza, a ondate spesso lontane l'una dall'altra e tuttavia con crescente intensità. I Greci conoscevano soltanto due procedimenti per la riproduzione delle opere d'arte: la fusione e il conio. Bronzi, terrecotte e monete erano le uniche opere d'arte che riprodussero in quantità, tutte le altre rimasero uniche e non tecnicamente riproducibili. Con la xilografia si riprodusse la grafica e la scrittura, poi riprodotta mediante la stampa. Nel corso del Medioevo si aggiunsero l'acquaforte e la punta-secca e, all'inizio del XIX secolo, la litografia. Con essa la tecnica riproduttiva raggiunse un grado sostanzialmente nuovo; il procedimento, più efficace rispetto all'incisione del disegno in un blocco di legno o di rame, è costituito dalla sua trasposizione su una lastra di pietra e diede per la prima volta alla grafica la possibilità non soltanto di introdurre nel mercato i suoi prodotti di qualità ma anche di farlo conferendo ai prodotti ogni giorno nuove configurazioni.

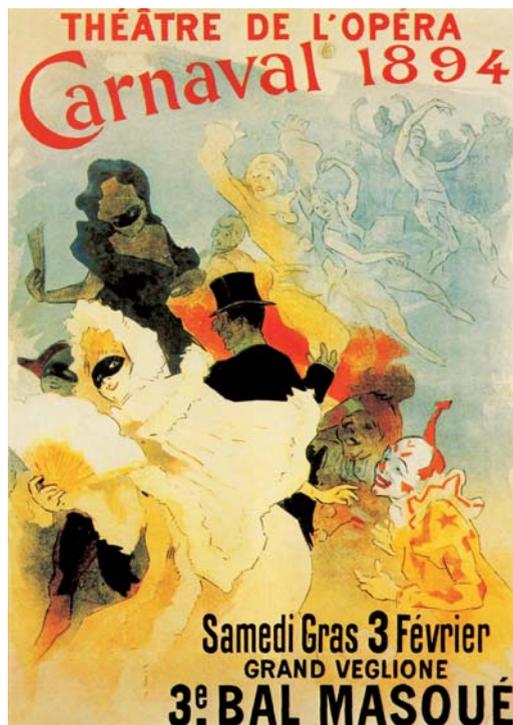
Attraverso la litografia, la grafica è stata in grado di accompagnare in forma illustrativa la dimensione quotidiana iniziando a tenere il passo con la stampa.

Pochi decenni dopo, l'invenzione della litografia venne superata dalla fotografia. Nel processo della riproduzione figurativa la «mano» si vide scaricata per la prima volta delle più importanti incombenze artistiche, che ormai erano di spettanza dell'occhio che guardava

dentro l'obiettivo. Poiché l'occhio è più rapido ad afferrare che non la mano a disegnare, il processo della riproduzione figurativa venne accelerato al punto da essere in grado di star dietro al parlato. L'operatore cinematografico, manovrando la sua manovella, riesce a fissare le immagini alla stessa velocità in cui l'interprete parla. Se nella litografia era virtualmente contenuto il giornale illustrato, nella fotografia si nascondeva il film sonoro¹.

Molti furono gli artisti che utilizzarono l'incisione come mezzo di riproduzione dell'opera d'arte, ma è solo alla fine del XIX secolo che si può parlare di fusione – anche se solo simbolica – tra la figura del pittore e quella del tipografo con la nascita del progettista grafico. Ciò avvenne quando lo stampato – non più solamente libro – s'impose come mezzo di comunicazione diretto con una sua propria tematica e un suo *modus* espressivo, capace di raggiungere il pubblico e da questo essere percepito nel messaggio. Siamo pertanto alle prime apparizioni del manifesto inteso come strumento di comunicazione, di pubblicità o di propaganda.

A ciò si dedicarono alcuni pittori in grado di afferrare bene il significato di un messaggio



Poster design

The origins of the concept of graphic design are twofold. On the one hand, the closest direct ancestor is the typographer: he is the technician and cultivator of the art of printing, an artist of the composition, balance and proportions of the basic elements of printed matter. Often the printer is the designer and drawer of the letters or characters. On the other hand, painters can be considered the forefathers of graphic design because their spirit tends towards greater freedom of expression, a different type of search for chromatic and compositional values.

The new reproduction methods of art works invented at the end of the nineteenth century meant that this novel figure needed to have both artistic and technological know-how.

The technical reproduction of art works grew in fits and starts over the centuries. These periods were often very distant from one another, but they were always characterised by new bursts of creativity. The Greeks knew of only two ways to reproduce art works: casting and coining. The only art works they mass-produced were bronze objects, terracotta and coins. All the other works were unique pieces, technically not reproducible. Xylography, instead, was used to reproduce graphic works and scripts which were later printed. During the Middle Ages, etching and dry-point were added to these techniques and at the beginning of the nineteenth century lithography was invented. At this point, reproductive techniques reached new heights. The procedure was more efficient than engraving in a block of wood or brass. It involved the transposition of a drawing onto a slab of stone. For the first time, the graphic designer was able not only to market quality products, but to produce new ones on a daily basis.

Lithography meant that graphic design could illustrate everyday life, turning it into a rival for the press.

A few decades later, lithography was superseded by photography. For the first time in the figurative reproduction process, the "human hand" was no longer responsible for the more important artistic tasks, now entrusted to the human eye looking through a lens. Since the eye is quicker to see than the hand to draw, this

1/ Pagina precedente. Jules Chèret, *Carnaval*, 1894
2/ Jules Chèret, *Folies Bergères*.

3/ Henri Toulouse-Lautrec, *Jane Avril*, 1890.



espresso graficamente, di porgerlo con intelligenza e abilità, rinunciando a quelle prerogative che poteva avere il quadro in quanto elemento unico, come, ad esempio, un punto privilegiato di percezione o il *corpus* delle pennellate, a favore di qualcosa che prometteva di sprigionare una gran forza comunicativa.

Un altro elemento di profonda differenza, nel passaggio da quadro a manifesto, è l'inserimento delle scritte nell'immagine che apre un vasto repertorio d'invenzioni creative e la problematica del coordinamento fra disegno e scrittura, al quale ogni artista – o correnti artistiche – ha dato una risposta diversa. Talvolta i caratteri sono stati creati appositamente, come ad esempio nell'Art Nouveau, nella Secession o nella Bauhaus, altre volte invece riscoperti dalla storia antica.

È questa l'epoca dei pittori-cartellonisti che, pur già specializzati, avevano raggiunto tale grado attraverso il proprio intuito ed esperienza personale. Nessuno di loro poteva, infatti, vantare una preparazione di base scientifica e appropriata.

L'elaborazione del manifesto – e la progettazione grafica in senso lato – porteranno a una sempre più marcata specializzazione dei pro-

pri addetti, differenziandoli a poco a poco dagli artisti-pittori.

Il periodo della Belle Époque, alla fine del secolo XIX, è il momento di nomi d'altissimo interesse nella storia del manifesto come l'ormai mitico Henri Toulouse-Lautrec, Jules Chèret (figg. 1, 2), Alphonse Mucha e Pierre Bonnard.

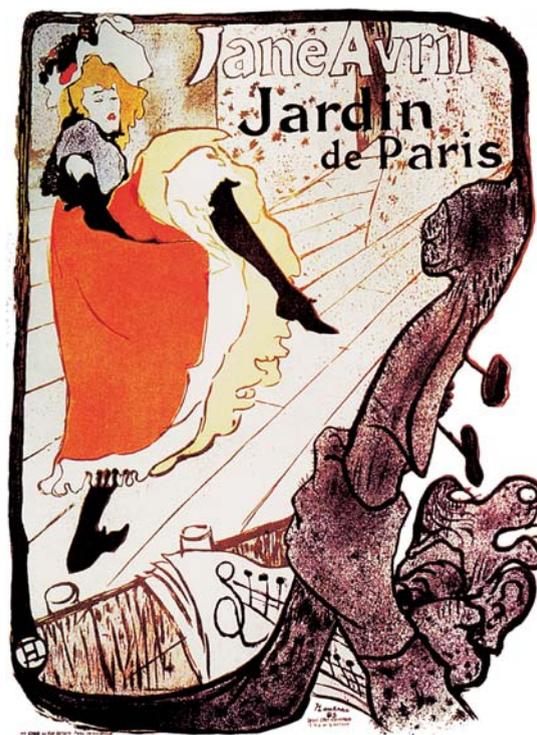
In Toulouse-Lautrec è particolarmente evidente lo sforzo compositivo unitario che, in una sola concezione artistica, unisce testo e immagine. Nei suoi manifesti le scritte s'inseriscono nell'insieme in modo preciso, assumendo il ruolo di un vero e proprio elemento compositivo, talvolta giocando con alcuni dettagli decorativi dell'immagine, talora riallacciandosi a essi per la forma delle singole lettere o per il colore utilizzato. La sua espressione grafico-pittorica è, in ogni modo, più legata allo spirito e alle tecniche dell'Impressionismo che non al gusto dell'Art Nouveau (figg. 3, 4).

Per contro, chi ha ben interpretato appieno il nuovo stile in Francia è stato Alphonse Mucha, d'origine cecoslovacca, ma trapiantato a Parigi. Il suo estro e la sua notorietà dovettero molto al felice incontro con Sarah Bernhardt, per la quale lavorò circa sei anni. Gli elementi distintivi dei manifesti di Mucha sono riconducibili al gusto raffinato, alla moda, alla sensualità e al fascino di un misterioso simbolismo (figg. 5, 6).

Con questi artisti prese piede quella coscienza professionale che diventa poi segno caratteristico della figura del *graphic designer*. Anche da parte dell'opinione pubblica ci fu una presa di coscienza dell'esistenza di una nuova forma d'arte, differente, ma non inferiore a quella tradizionale.

Si va così definendo il concetto di un'arte «utile» (Pierre Bonnard), pensiero moderno che fu poi chiamata – con maggior precisione – arte «applicata».

Molti sono anche gli architetti che, tra la fine del XIX secolo e gli inizi del XX, si sono cimentati con questo nuovo mezzo di comunicazione visiva. I movimenti delle avanguardie storiche, più tardi, dovevano divulgare le nuove ideologie e modi di concepire l'arte; spesso il dibattito verteva sulle nuove tecnologie. La fondazione di periodici d'arte, inoltre, agevolò



figurative reproduction process was so quick that it was able to keep up with the spoken word. By turning a knob, a cameraman can capture an image just as quickly as the actor can say his lines. If a lithography was in practice a newspaper in pictures, photography was the hidden seed of spoken films.¹

Many artists used engraving to reproduce art works, but only at the end of the nineteenth century can we talk of fusion – albeit symbolically – between the painter and the typographer and the birth of the graphic designer. This took place when printed matter – no longer just books – became a direct means of communication with its own subject-matter and expressive modes, capable of reaching the public who recognised the message contained in the work of art. These are the first posters considered to be means of communication, publicity or propaganda.

This medium was used by many artists who had fully understood the significance of a graphically expressed message, the importance of transmitting it intelligently and skilfully, putting aside the potentially unique prerogatives of a painting, for example, a certain privileged vantage point or the corpus

la formazione di gruppi e correnti artistiche o diventò elemento di propaganda del gruppo già formatosi. In tal modo la progettazione grafica dello stampato editoriale divenne un ulteriore elemento su cui cimentarsi.

Il manifesto

nella storia della produzione cinematografica

Lo spettacolo più popolare alla fine del secolo XIX, nel periodo della Belle Époque, è senza dubbio il balletto. Nei manifesti di richiamo degli spettacoli di allora si cerca spesso di captare il movimento, la grazia femminile nella danza e i costumi di scena.

Se la danza è stata lo spettacolo di maggior richiamo di pubblico alla fine del secolo XIX, si può affermare che il cinema lo è stato all'inizio del XX.

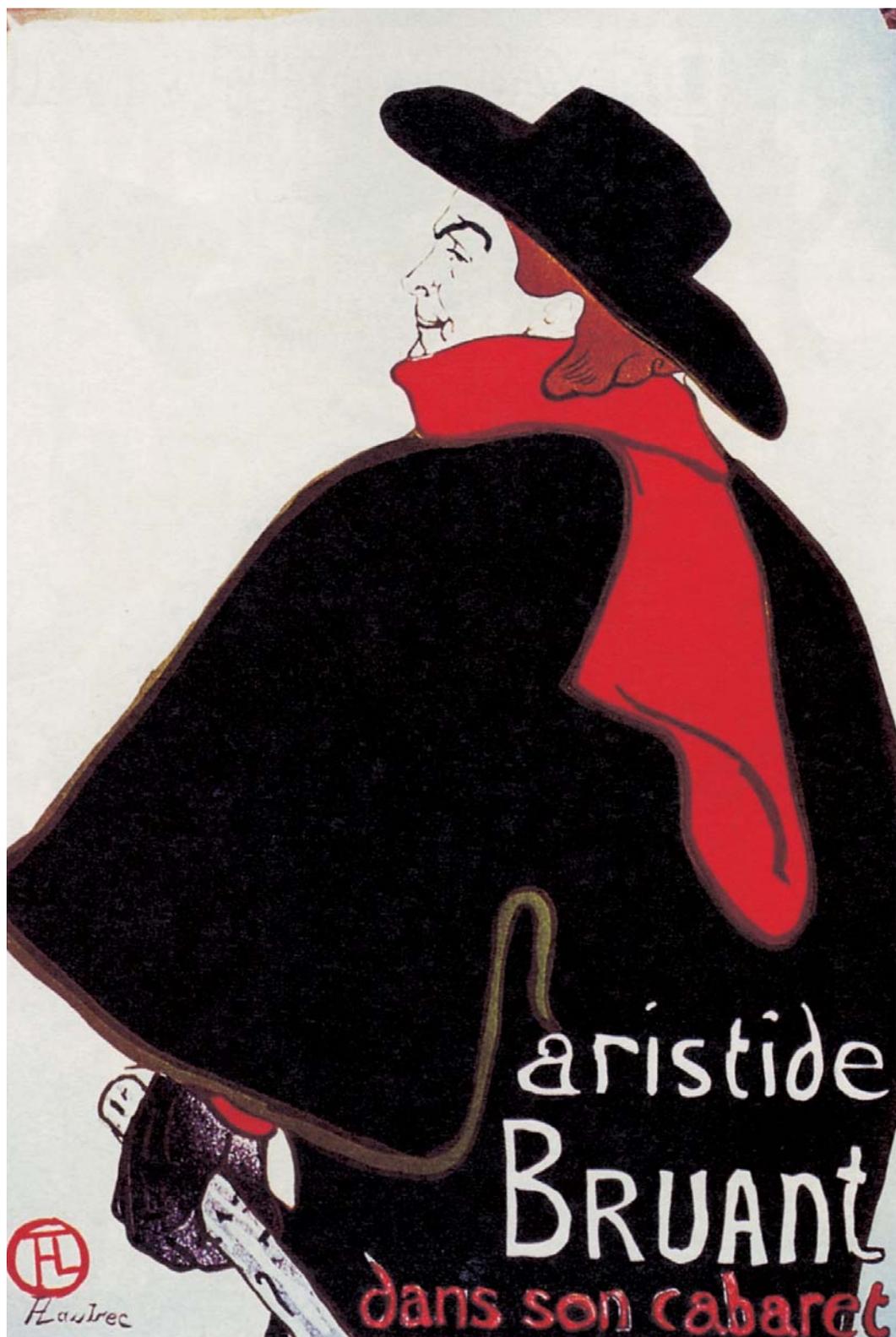
I primi manifesti cinematografici – come quelli d'altri spettacoli – erano riprodotti prevalentemente con sistema litografico. Non si distaccavano dagli altri manifesti e ricalcavano lo stile in auge del momento; del resto i film stessi erano espressioni di correnti figurative.

In Francia, intorno al 1890, lo stesso Chèret produsse una litografia in stile Art Nouveau per il cortometraggio *Projections Artistiques*.

Il cinema diventò, nel giro di pochi anni, un vero e proprio investimento delle case cinematografiche. Il manifesto doveva quindi comunicare ciò che poteva attrarre il maggior numero di pubblico. Come altri prodotti commerciali, aveva una durata breve e doveva persuadere le persone a scegliere in maniera immediata. Tra gli anni venti e quaranta ha dovuto competere con altre forme di spettacolo – *vaudeville*, teatro, circo, ecc. – e fino dagli anni cinquanta con l'avvento della televisione. I *posters* dovevano essere «sensazionali» per attrarre il pubblico.

Fin dall'inizio ogni compagnia cinematografica cercò un suo stile pubblicitario, un logo e spesso uno slogan per distinguere il proprio prodotto dal resto. Ma i manifesti erano più o meno tutti simili: o una scena in bianco e nero con processo fotografico o, a colori, con quello litografico (fig. 7). Talvolta era narrato un affannoso riassunto della trama, qualche altra rappresentata l'immagine più accattivante del film o degli interpreti.

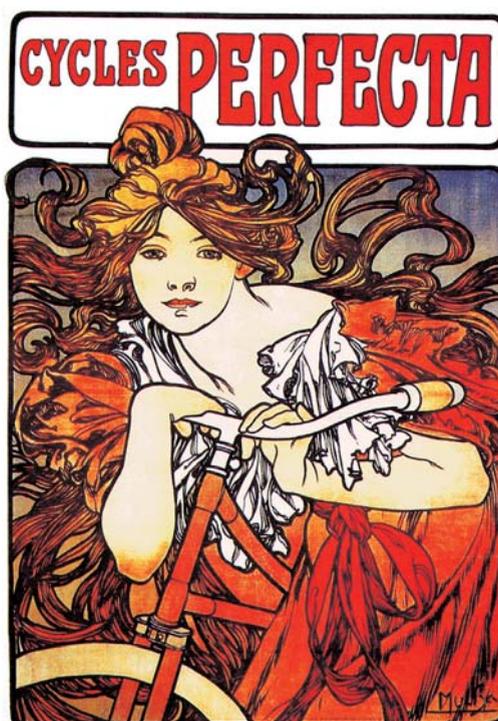
All'inizio venivano spesso stampati manifesti



5/ Alphonse Mucha, *Biscuit Lefèvre*.

con ritratti o con scene generiche e, a parte, dei volantini con i nomi degli interpreti, che poi venivano distribuiti nelle città e appesi nelle vetrine dei negozi. Solo più tardi il manifesto si arricchì di informazioni scritte aggiungendo nomi a seconda delle nascenti specializzazioni (figg. 8, 9). Cominciarono a nascere presto le *stars* e lo stesso regista D.W. Griffith diventò una personalità cinematografica; il manifesto cominciò così a evidenziare il nome di maggior richiamo (figg. 10, 11).

Talvolta, il produttore – come nel caso di David O. Selznick – diventò una garanzia di qualità dello spettacolo e il suo nome doveva quindi apparire ben leggibile. Questo è il caso, ad esempio, di *Via col vento* del 1939. A volte, il fatto che il film fosse tratto da un *bets-seller*, o comunque da un noto racconto, diventò un elemento da evidenziare (fig. 12). Con la crescita del sistema degli *studios* hollywoodiani, i manifesti diventarono una nuova specializzazione; per la maggior parte furono concepiti e realizzati a New York dopo la vincita di concorsi per idee. Altri studi reclutarono quegli artisti che avevano pubblicizzato la prima guerra mondiale, quali ad esempio M. Leone Bracker o Harrison Fisher².

6/ Alphonse Mucha, *Cycles Perfecta*.

Una gran produzione cinematografica di qualità si ha con l'Espressionismo. Molti registi europei vanno in America a girare qualche film, come ad esempio Friedrich W. Murnau o Paul Fejös, altri alla fine ci si trasferiscono definitivamente, come nel caso di Fritz Lang. Le tematiche di questo periodo sono spesso a sfondo sociale o attente al ruolo della scienza e i film hanno sempre un *happy-end* che ne sottolinea la natura etica. Murnau con *Sunrise* costruisce una vera e propria metafora ambientale, Lang in *Metropolis* mostra un'ipotesi sociale e urbana con uno scenario di puro stile espressionista. Gli scenografi cominciano ad avere un ruolo importante e spesso hanno un *background* architettonico (figg. 13, 14). I primi manifesti di film ricalcano quelli già consolidati per altri spettacoli, come balletti, teatro, *musicals*, sempre realizzati con processi litografici o fotografici. Le scritte sono prevalentemente simmetriche. Il logo della casa cinematografica è sempre evidenziato; talvolta la casa di distribuzione non coincide con quella di produzione, quindi si mostrano i due diversi marchi grafici. Un tema di attrazione di pubblico è quello dell'amore evidenziato dal bacio come mo-

of the brushstrokes, in favour of something that promised to release a great communicative force.

Another very fundamental difference in this transition from paintings to posters was the presence of words in the image. This offered a vast repertoire of creative expedients and the problem of coordinating design and script, a problem that every artist – or artistic movement – solved his/their own way. Letters were sometimes created *ad hoc*, for example in Art Nouveau, Secession or Bauhaus or rediscovered and copied from ancient scriptures.

This is the period of poster-artists who came from other specialisations, but had achieved fame in this domain through their own intuition and personal experience. In fact, not one of them could boast of being scientifically and specifically trained in this field.

Drawing posters – and broadly speaking graphic design – would lead to the artists becoming increasingly specialised, slowly distinguishing this group from that of painter-artists.

The period of the Belle Époque at the end of the nineteenth century is a period full of extremely interesting poster artists, for instance the mythical Henri Toulouse-Lautrec, Jules Chèret (figs. 1, 2), Alphonse Mucha and Pierre Bonnard.

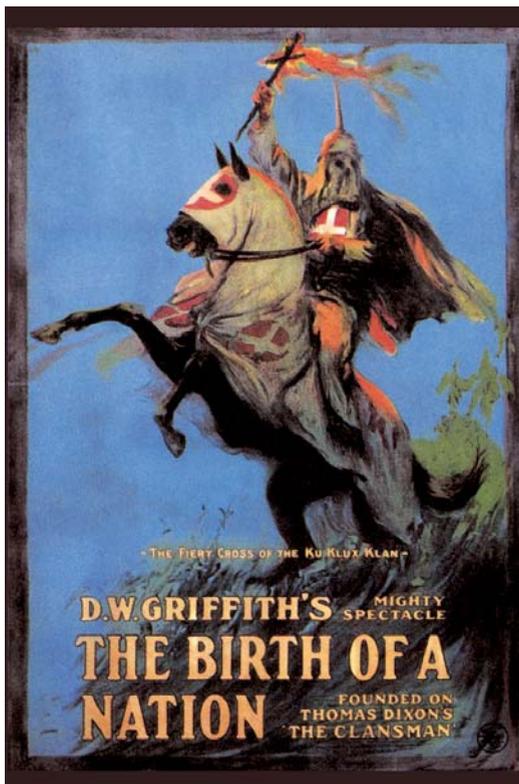
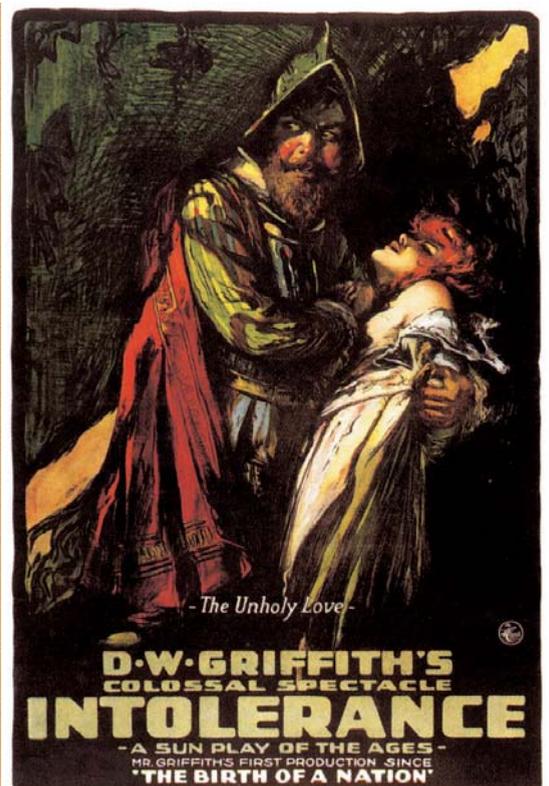
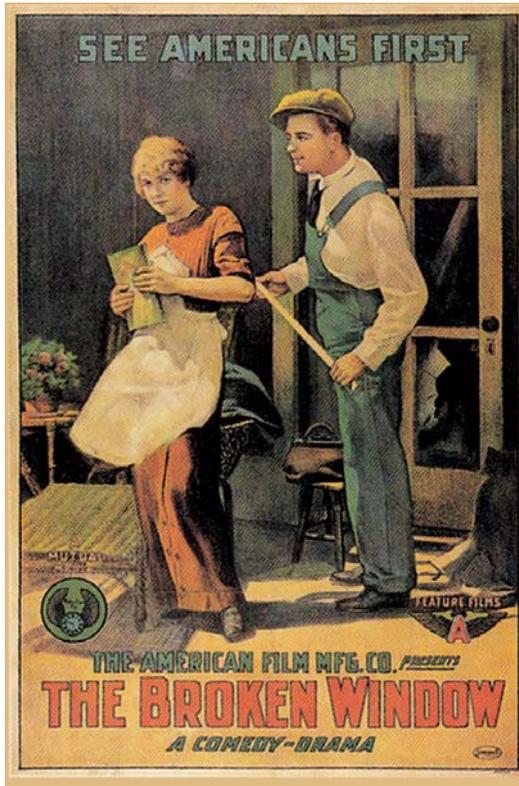
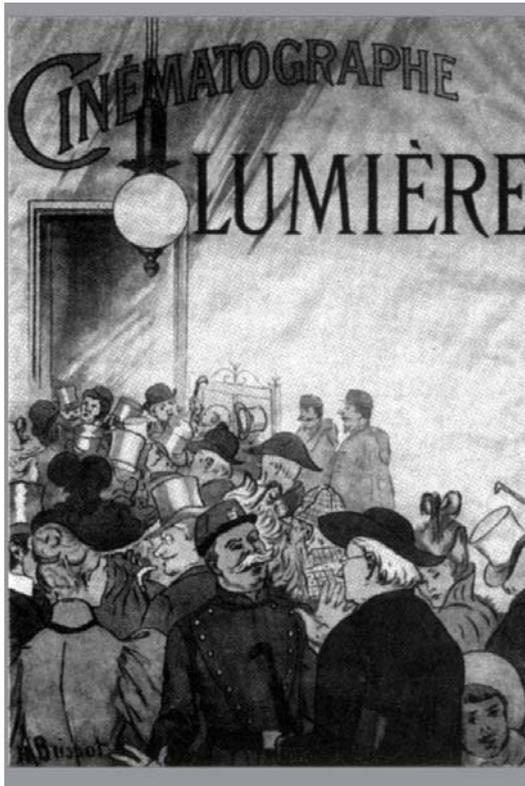
What is particularly obvious in Toulouse-Lautrec's work is the way in which he created a single compositional design, uniting text and images. In his posters, the text fit snugly into the overall picture, becoming a compositional element. Sometimes he plays with certain decorative details of the image or exploits the shape or colour of single letters. In any case, his pictorial-graphic expression is closer to the spirit and techniques of the Impressionists rather than the Art Nouveau style (figs. 3, 4).

On the contrary, in France the best artist of the new style was Alphonse Mucha. A Czechoslovakian by birth, Mucha lived in Paris and much of his flair and fame was due to his successful six year working relationship with Sarah Bernhardt. The distinctive characteristics of Mucha's posters are a refined elegance, style, sensuality and the appeal of a mysterious symbolism (figs. 5, 6).

7/ 28.12.1895
8/ *The Storm*, 1916.

9/ *Broken Windows*, 1915.
10/ D.W. Griffith, *The Birth of a Nation*, 1915.

11/ D.W. Griffith, *Intolerance*, 1916.
12/ *Via col vento* (*Gone with the Wind*), 1939.



13/ *Metropolis*, 1927.

mento di appassionata sensualità: gli interpreti di *East Lynnie* del 1931, donano una linea aggraziata a tutto il manifesto, mentre in *Bitter Sweet* del 1933, viene fissato l'attimo prima del bacio.

Nasce il sistema delle *stars*, all'inizio in prevalenza femminili. La presenza di un'attrice famosa garantisce l'affluenza di pubblico, quindi il manifesto è organizzato attraverso la messa in mostra della sua persona: come ad esempio le spalle nude di Gloria Swanson in *Her husband's trademark* del 1922 e di Mary Astor in *White Shoulder* del 1931 (fig.15). Molto interessante graficamente è il manifesto di Veronika Lake in *Sullivan's travels* del 1941 perché riprende la cifra stilistica dell'attrice sottolineata prevalentemente dalla pettinatura.

Il volto degli attori diventa il maggior richiamo pubblicitario. Questa caratteristica resta prevalente nella produzione di manifesti cinematografici durante tutto il secolo scorso. A titolo di esempio e, per concludere, si ricorda *Mars attack* del 1996 dove le varie foto degli interpreti sono inserite, come tasselli in sequenza, in un manifesto caricaturale³ (fig. 16).

L'elaborazione di un manifesto

In generale un manifesto deve pubblicizzare un prodotto o comunicare un evento. Ha una durata limitata perché soggetto a consumo del gusto – se pubblicizza un prodotto, un oggetto – oppure ha un termine preciso quando è legato a un avvenimento.

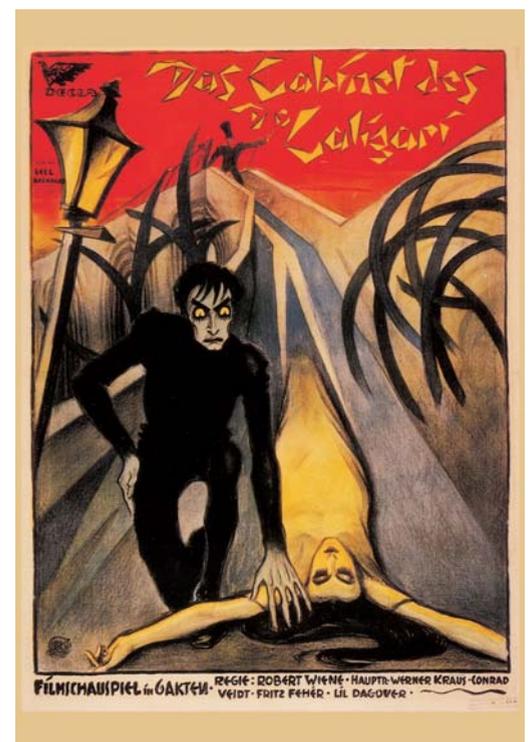
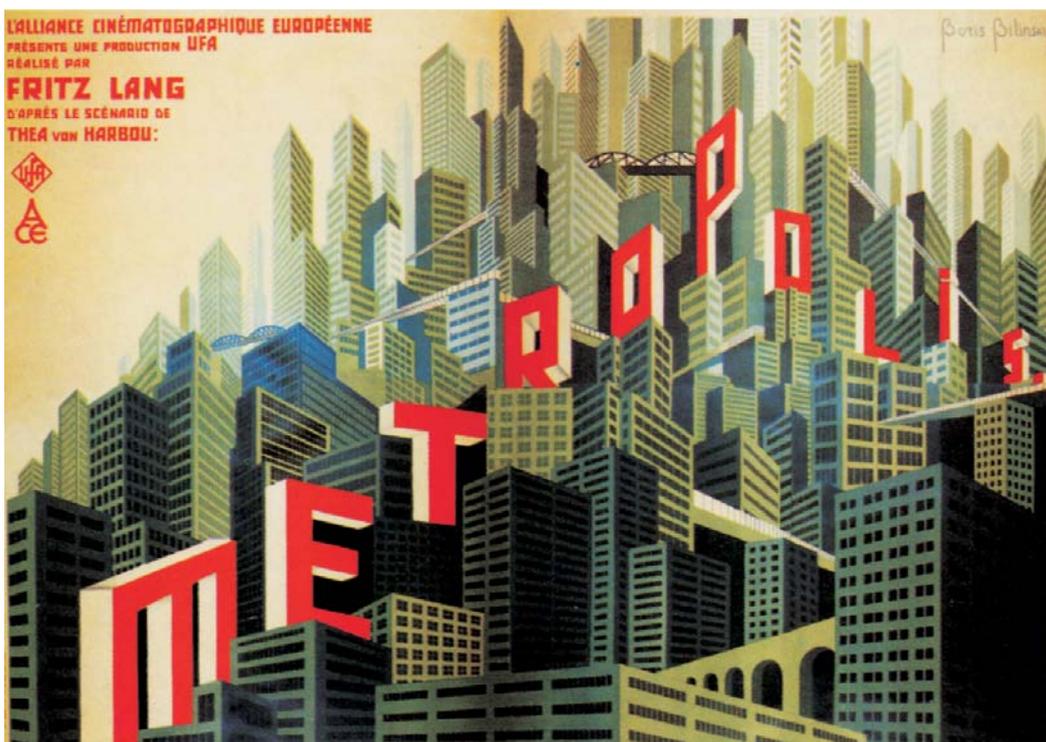
È indispensabile tenere conto che l'informazione che si vuole trasmettere con il manifesto deve essere percepita in maniera immediata e distinta. Le forme grafiche devono essere non complicate, facilmente sintetizzabili e, nello stesso tempo, devono stimolare l'osservatore. Un eccesso di sforzo interpretativo non richiama l'interesse dell'osservatore distratto, mentre, una composizione frammentaria, priva di una felice scelta cromatica non raggiunge il suo scopo con danno anche economico al committente.

Il progettista grafico deve tenere presente che l'utente del manifesto non può essere confuso con il visitatore di gallerie né con il lettore di libri d'arte, ma è il passante frettoloso, distratto, che si sente coinvolto solo se il messaggio fa scattare in lui un particolare sentimento o desta la sua curiosità.

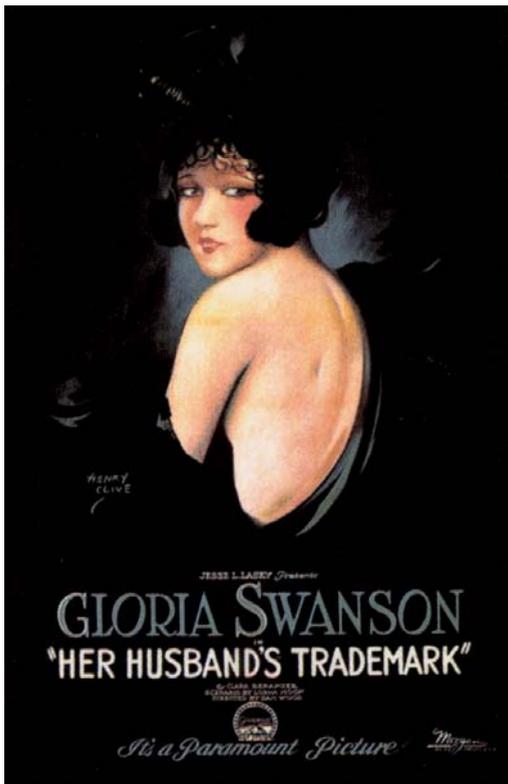
14/ Gabinetto dott. Calligari
(*Das Cabinet des Do Caligari*), 1920.

These artists were the precursors of that professional style that later characterised graphic designers. Even the public began to realise and recognise this new, different art form, in no way inferior to traditional art. This is how the concept of "useful" art (Pierre Bonnard) was born: a modern idea baptised with a more accurate name, "applied" art. Between the end of the nineteenth and beginning of the twentieth centuries, many architects began to dabble with this new visual means of communication. Later on, the historical avant-garde movements would popularise new ideologies and ways of conceiving art: the debate often raged over new technologies. The publication of art magazines further facilitated the creation of artistic movements/groups, even becoming a propaganda tool of the newly created group. This is how the graphic design of editorial works became yet another topic to be learnt.

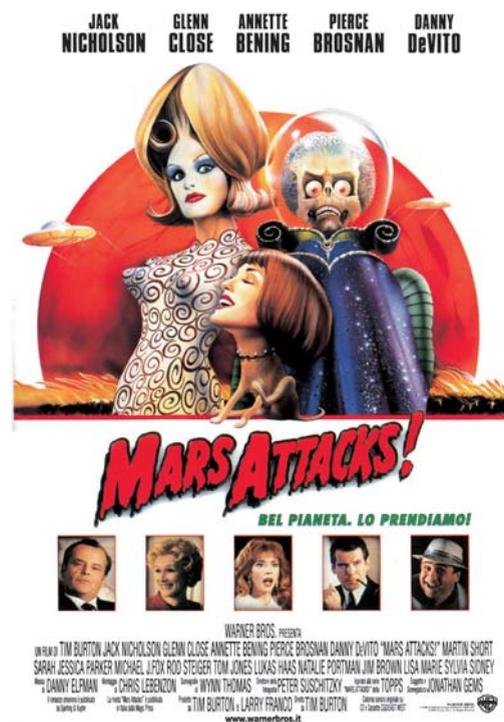
The role of posters in the film industry
At the end of the nineteenth century, ballet was undeniably the most popular show during the Belle Epoque. The posters advertising these



Le immagini che seguono appartengono a una sperimentazione/verifica applicativa dei concetti-chiave che *formano*, che danno *contenuto e tema* ai modi di conformarsi di un manifesto. Questo perché contenuto, tema e possibili modi di conformarsi di un manifesto non possono verificarsi che in concreto su un tema specifico (quello lì esposto o lì da rappresentare), per una chiara occasione/evento che lo rendono necessario, per un preciso committente e per l'interlocutore cui quell'evento si rivolge e del quale il manifesto deve richiamare l'attenzione e stimolare l'interesse. Sperimentazione applicativa operata, in questo caso specifico, in ambito didattico, dove il manifesto da elaborare doveva introdurre/pubblicizzare un particolare evento: una mostra, presso un *cinema d'essai*, dedicata a un regista famoso con fotografie della sua vita, foto di scena, costumi cinematografici e, ovviamente, proiezione di un suo film. Non un *poster* cinematografico, quindi, ma un manifesto per comunicare un preciso avvenimento per tema (omaggio a un regista), contenuto (la mostra in oggetto), data dell'evento stesso



(passata la quale il manifesto non ha più ragione d'essere esposto) e pubblico di riferimento (il privilegiare il regista rispetto al film, presuppone un *target* diverso da quello del classico prodotto cinematografico, vale a dire un pubblico d'esperti o comunque d'amatori)⁴. Inoltre, mentre il manifesto di un film è generalmente narrativo e troppo spesso focalizzato solo sui volti degli attori, – quindi tutt'altro che audace (talvolta il manifesto cinematografico ricopre il ruolo del *trailer* e vuole mostrare qualche scena accattivante del film), – l'omaggio o la rassegna di un regista ha molti elementi in più di fascino comunicativo e meno vincoli (figg. 17, 18). Il manifesto deve *se-durre*, nel senso etimologico del termine, e cioè condurre a sé, deve far sì che chi lo vede si avvicini incuriosito per leggere ulteriori informazioni che non sono percepite a prima vista. Nelle scritte bisogna tenere conto della gerarchia delle informazioni. Nel caso di un evento, dopo una prima informazione su che «cosa» sia pubblicizzato seguono quelle sul «dove» e sul «quando». Questa differenza d'importanza può essere ottenuta in vari



performances often sought to capture the movement and feminine grace of the dancers and stage costumes.

If dance was the greatest attraction for an audience at the end of the nineteenth century, at the beginning of the twentieth century cinema replaced it in the hearts of the public. The first movie posters – like those for other shows – were produced mainly using lithographs. They were very similar to other posters and followed the dictates of the style of the period: after all, even the films were the expression of figurative styles.

In France, around the year 1890, even Chèret produced a lithography very similar to Art Nouveau for the short film, Projections Artistiques.

The studios soon became to consider films a real investment, so posters had to convey something that could attract a big audience. Like other commercial products, a poster's lifespan was short and it had to persuade people to choose immediately. Between the twenties and forties, it had to compete with other forms of entertainment – vaudeville, theatre, the circus, etc. – and in the fifties with the advent of television. Posters had to be "sensational" to attract the public.

From the very start, every studio tried to have their own style of publicity, their own logo and often a slogan to differentiate their product. But the posters were more or less all the same: either the black and white photograph of a scene or a colour lithograph (fig. 7). Some had a brief synthesis of the plot, while others showed a winning image of the film or the actors.

In the early years, posters with portraits or generic scenes were accompanied by handbills with the actor's names. These were distributed in towns and displayed in shop windows. Only later did posters have script, adding names depending on their specialty (figs. 8, 9). Very soon stars were born and even the director D. W. Griffith became a cinema personality: posters began to emphasize the more famous names (figs. 10, 11).

*Sometimes the producer – for instance David O. Selznick – guaranteed a film's quality and so his name had to be clearly legible, for instance *Gone with the Wind* in 1939. At*

17/ Manifesti per le mostre di François Truffaut e Luchino Visconti.

Posters of the exhibitions dedicated to the directors François Truffaut and Luchino Visconti.

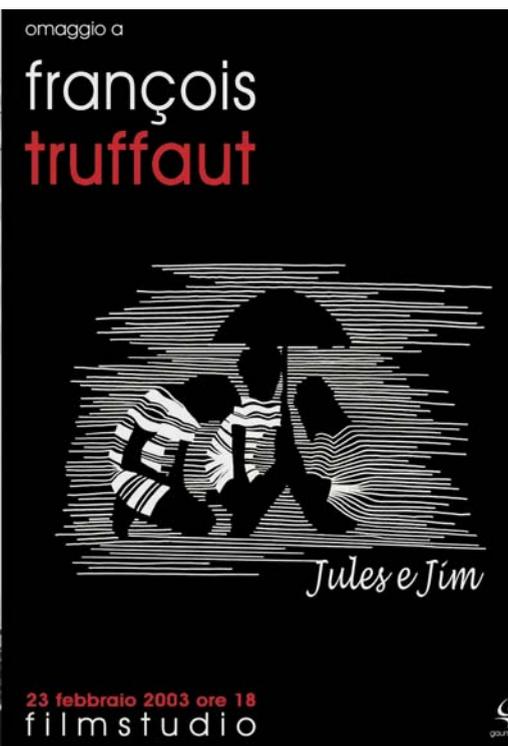
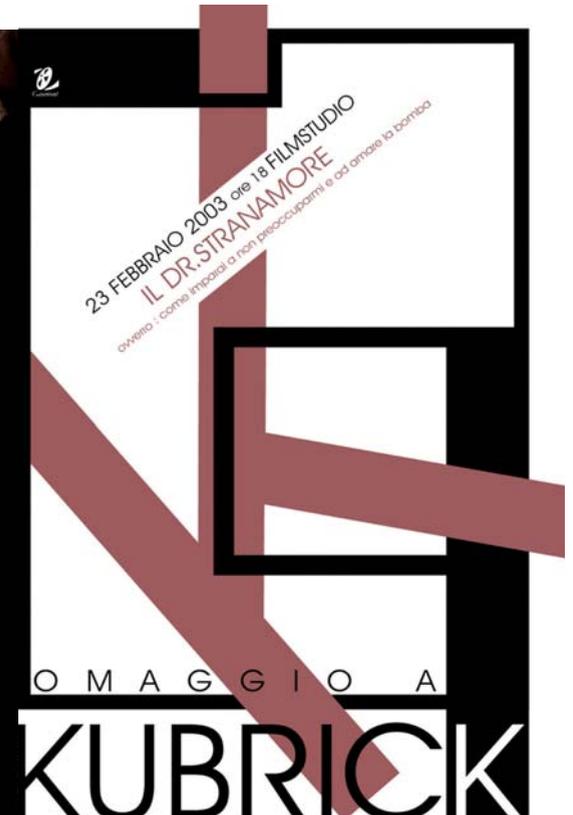
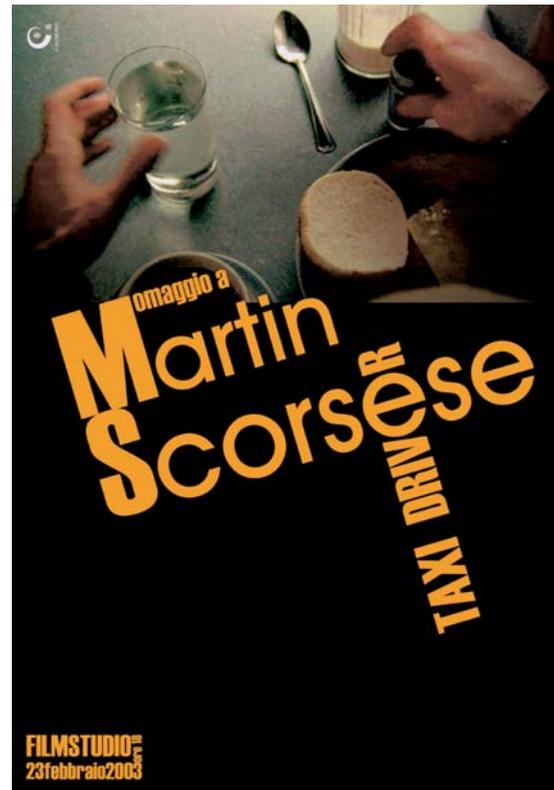
modi: dall'uso di scritte di dimensioni variate all'uso di colori differenti o addirittura di font diversi. Il progetto di un poster non può prescindere da sperimentazioni e progettazioni preliminari di *lettering*: studi dei rapporti geometrico-percettivi esistenti tra lettere, numeri e caratteri di un font; conoscenza delle diverse famiglie di caratteri e analisi delle loro geometrie; scrittura come immagine e progettazione della «pagina» come composizione di campi in cui modulare la contrapposizione dei pesi, il ritmo e la scansione spaziale (fig. 19).

Nel progetto del manifesto è, infatti, fondamentale il rapporto testo-immagine. L'ideale sarebbe progettare anche i caratteri così come si faceva alla fine del XIX secolo e all'inizio del successivo (sono molti oggi i font già disponibili nei computer o scaricabili da internet e quindi l'operazione è velocizzata, si tratta solo di operare la scelta giusta). È importante in ogni caso, nel mettere insieme testo e immagine, impostare una composizione di campi, di pieni e di vuoti e di geometrie in sintonia con il linguaggio figurativo.

Spesso nel manifesto è inserito il marchio grafico della casa produttrice che è proprio il

18/ Manifesti per le mostre di Martin Scorsese e Stanley Kubrick.

Posters of the exhibitions dedicated to the directors Martin Scorsese and Stanley Kubrick.



times, the fact that a film was based on a best seller, or on a well known book, also became a noteworthy feature (fig. 12).

When the Hollywood studio system began to develop, posters became a new specialisation. They were mainly drawn and produced in New York after a competition for new ideas. Some studios hired artists who had worked during the first world war, for example M. Leone Bracker or Harrison Fischer.² Good quality films were produced during the Expressionist period. Many European directors went to the States to make films, for instance Friedrich W. Murnau or Paul Fejös, while others, such as Fritz Lang, moved there permanently.

The subject-matter used during this period was often to do with social issues or science and the films always had a happy ending emphasizing their ethical nature. In Sunrise, Murnau built a real environmental metaphor. In Metropolis, Lang depicted a possible social and urban scenario in pure expressionist style. Stage designers began to play an increasingly

19/ Studi di lettering, composizioni libere di caratteri di un font.

Studies of lettering, free composition of characters of a font.

20/ 21/ Elaborazioni di un marchio grafico per la casa cinematografica Gaumont.

Elaboration of a brand for the film studio, Gaumont.



committente del poster. La progettazione del marchio grafico è un altro compito importante per il *graphic designer*. I criteri che guidano la progettazione sono:

– la costruzione come risultato di una composizione di pieni e di vuoti calibrati in uno spazio molto ridotto;

– la leggibilità alle diverse scale di rappresentazione con possibilità di applicazione su supporti diversi (un marchio contiene sempre la stessa quantità di segni e non viene arricchito o semplificato come nel caso del disegno di architettura);

– l'impatto percettivo come capacità di fissarsi nella memoria di chi l'osserva.

Il lavoro sul marchio consiste in un disegno che parte da immagini, suggestioni e simboli, ma si concretizza in un lavoro di vero e proprio segno grafico di forte valenza comunicativa. È meglio evitare il riferimento alle lettere per non confondere il marchio grafico con la griffe. È molto importante effettuare un lavoro di astrazione progressiva, un lavoro a «togliere», dove le informazioni sono meno narrative e descrittive possibili. In qualche marchio l'idea iniziale non sarà più riconoscibile

anche se l'effetto finale è ben riuscito. Infatti, l'immediatezza della percezione e la memorizzazione del segno sono gli obiettivi da raggiungere nella sua progettazione grafica (figg. 20, 21).

□ Ghisi Grütter – Dipartimento di Progettazione e scienze dell'architettura, Università degli Studi di Roma Tre

1. Vedi Walter Benjamin, *L'opera d'arte nell'epoca della sua riproducibilità tecnica* (1936), Torino, Einaudi, 1966.

2. Vedi S. Rebello e R. Allen, *Reel Art, Great Poster from the Golden Age of the Silver Screen*, New York, Alleville Publishers, 1988.

3. Vedi Ghisi Grütter, *Il manifesto per il cinema in Immagine e comunicazione*, CD Rom, Roma, DiPSA, 2003.

4. Sono stati proposti quattro nomi di registi tra cui sceglierne uno: Françoise Truffaut, Luchino Visconti, Martin Scorsese e Stanley Kubrick.

important role and often had an architectural background (figs. 13, 14).

The first film posters looked very much like those used for other shows such as ballet, theatre and musicals, always produced either with lithographic or photographic processes.

The writing was normally symmetric and the studio name was always very visible: sometimes the distribution house was different to the studios' so both names appeared on the poster.

One of the public's favourite themes was love, portrayed by a kiss, a moment of passionate sensuality. In the film *East Lynnie* (1931) the actors gracefully fill the whole poster. Instead, the poster for *Bitter Sweet* (1933) shows the moment just before the kiss.

When the star system developed, it initially involved only female actors. A female star guaranteed a big audience, so the poster was drawn to highlight the actress: for example, Gloria Swanson's bare shoulders in *Her husband's trademark* (1922) or Mary Astor's in *White Shoulder* (1931. Fig. 15). The poster of *Veronica Lake in Sullivan's travels* (1941) is graphically very interesting because it shows the actress' stylistic monogram underscored mainly by her hairstyle.

The actor's face became the biggest publicity attraction. This was a dominant trait in posters for the entire twentieth century. In conclusion, another example is the film *Mars Attack* (1996) where various shots of the actors are used, like tiles in a sequence, in a caricature poster³ (fig. 16).

Poster Design

A poster normally publicises a product or announces an event. Its lifespan is short either because tastes change quickly – if it publicizes a product or an object – or because the deadline is linked to a specific event.

It's important to remember that the information on the poster must be immediately recognisable. The graphic shapes should be simple and easily summarised. They also have to motivate the viewer, because if he's absent-minded, he won't make the effort. If instead the composition is fragmentary, without a first-class chromatic approach, it won't be successful and could be economically damaging for the client.

The graphic designer has to remember that differences between a person who sees the poster, a visitor to an art gallery or a reader of art books: the person is often in a hurry or distracted. He'll relate to the poster only if the message moves him or makes him curious. The images shown here are parts of a test/investigation involving key concepts that influence and provide content and subject-matter to the ways in which a poster can reach its goals, because this content, subject-matter and possible ways for a poster to reach its goals are all interrelated: the specific theme (the one publicised or to be represented), the occasion/event for which it is created, the client and the person interested in the event whose imagination has to be captured and interest sparked.

In this case, the experiment was carried out in a classroom. The poster had to present/publicise an event: an exhibition at an art cinema dedicated to a famous director, with photos of his life, stage sets, costumes and, naturally, a screening of one of his films. So, not a movie poster, but a poster that announced a specific thematic event (homage to a director), content (the exhibition), date of the event (after which the poster was obsolete) and the public (to focus on the director rather than the film involves a different target audience from a classical film product, in other words critics or film buffs.)⁴ In addition, a movie poster is normally narrative and often focuses only on the actors' faces and is therefore anything but daring (sometimes the movie poster acts as a trailer and wants to show a few captivating sequences of the film). A homage or review of a director's work has much more communicative appeal and less drawstrings (figs. 17, 18).

The poster has to seduce, in the etymological sense of the word. In other words, it has to draw you to it, so that you become curious and want to read what at first glance isn't clear. The importance of the words on a poster should also be considered. In the case of an event, after showing "what" is being publicised, "where" and "when" come next. This classification can be obtained in various ways: by using different size letters, colours or even fonts. Experiments and preliminary

drafts of lettering is part and parcel of any poster design: studies on the geometric and perceptive ratio between letters, numbers and characters of font; understanding the different families of characters and analysis of their geometry; writing as an image; design of the "page" as the composition of fields in which to balance weight, rhythm and spatial scansion (fig. 19).

Indeed, the relationship between text and image is vitally important when designing a poster. Ideally, the characters should look like the ones used at the end of the nineteenth century and beginning of the twentieth (many font are available in computer programs or on the web and therefore this operation is much faster, you only have to pick the right one).

What is important when mixing text and images, is how you arrange the various fields, the solid and empty spaces and the geometries so that they blend with the figurative language.

Often the logo of the production company – sometimes the company coincides with the client – is on the poster. The design of the logo is another important task for the graphic designer. The criteria of the design include:

- the overall image is the result of a composition of solid and empty spaces balanced in a very small area;

- the readability of the various scales of representation and the possibility of using the poster on different billboards (a logo always has the same number of marks and is never complicated or simplified as in architectural design);

- the perceptive impact and its ability to remain in the minds of the viewer.

Work on the logo involves a design based on images, inspiration and symbols. In practice, it is a highly communicative graphic design. It is advisable not to use letters to avoid confusion with the brand name. It is important that the work be progressively abstract, by "taking away." As far as possible, the information should avoid being narrative and descriptive. In some logos, the initial idea will no longer be recognisable, even if the final product is successful. In fact, immediacy of perception and memorization of the design are the objectives of graphic design (figs. 20, 21).

1. See Walter Benjamin, *Das Kunstwerk im Zeitalter seiner technischen Reproduzierbarkeit*, Turin, Einaudi, 1936.

2. See S. Rebello & R. Allen, *Real Art, Great Poster from the Golden Age of the Silver Screen*, Alleville Publishers, New York, 1988.

3. See Ghisi Grütter, *Il manifesto per il cinema in Immagine e comunicazione*, CD Rom, Rome, DiPSA, 2003.

4. *The choice was between four famous directors: François Truffaut, Luchino Visconti, Martin Scorsese and Stanley Kubrick.*

attualità

Attività UID/AED

Per una rinnovata attività

Cesare Cundari

L'Unione Italiana del Disegno, creata oltre vent'anni fa, ha costituito una formidabile occasione di coagulo per quanti operano nell'Area della Rappresentazione. Da qualche tempo, però, si registrava l'esigenza di un adeguamento alle mutate condizioni dello *status* dei possibili soci e di una maggiore partecipazione alla vita e alle decisioni dell'Unione. Infatti, da una parte si deve tenere conto del fatto che il numero complessivo di docenti, ai quali si affiancano dottori di ricerca e dottorandi, supera oggi largamente le duecento unità, dall'altra si può ritenere ampiamente compiuta la fase fondativa dell'Area della Rappresentazione. Per corrispondere a tali esigenze, già in occasione del Convegno del 2002, erano state illustrate, discusse e approvate modifiche che si ritenevano necessarie per l'adeguamento dello Statuto; nella stessa occasione l'Assemblea aveva anche indicato plebiscitariamente quale futuro presidente dell'Unione ancora Gaspare de Fiore.

L'assemblea straordinaria dei soci del 22 maggio 2003, quindi, ha approvato all'unanimità le varie modifiche previste nonché lo Statuto nella nuova formulazione. Si è svolta poi l'Assemblea ordinaria dei soci per l'elezione degli organi collegiali. Dopo un approfondito dibattito svoltosi sulla base di due liste di candidati predisposte per orientare l'elettorato verso una rappresentanza equilibrata sul piano territoriale, avendo raccolto ulteriori candidature, si è proceduto alle votazioni che hanno dato il seguente risultato: per il Consiglio direttivo l'Assemblea, confermando integralmente le candidature proposte, ha eletto i soci de Fiore, Baculo, Coppo, Cundari, Docci, Giovannini, Inzerillo,

lo, Mandelli, Mongiello; per la Commissione scientifica i soci Bini, Pagnano, Cardone, Pratelli, Manganaro, Maestri, Falzone, Giandebiaggi, Gaiani, de Rubertis, Basile, Albisinni. Il Consiglio direttivo, nella sua prima riunione (27 giugno), ha proceduto all'elezione del Presidente, confermando all'unanimità Gaspare de Fiore; il Presidente ha quindi designato il Segretario nella persona dello scrivente. Il Consiglio ha poi unanimemente designato Mario Docci Vicepresidente e Carlo Mezzetti Tesoriere. Quindi ha proceduto alla costituzione della Giunta eleggendo a farne parte, oltre al Presidente e al Segretario, i soci Coppo, Giovannini, Mandelli e deliberando altresì che il Vicepresidente sia invitato alle sue riunioni. Il Consiglio ha infine proceduto alle integrazioni della Commissione scientifica, previste dallo Statuto, designando un solo membro al proprio interno nella persona dello scrivente e riservando gli altri due posti ad altrettanti membri esterni (Carmine Gambardella, primo non eletto nell'Assemblea, e Angela Garcia Codoñer dell'Università di Valencia, oltre che per le personali competenze anche per un utile raccordo con l'AED).

Il Consiglio direttivo si è ulteriormente riunito, a luglio e settembre, per delineare il programma di attività futura sul quale chiedere anche il contributo della Commissione scientifica che, insediata in settembre, ha avviato la sua attività ponendo allo studio sia il proprio regolamento sia un programma di attività da proporre alla valutazione del Consiglio direttivo. In occasione del recente Convegno di Lerici è stato presentato un rapporto provvisorio sulla situazione dei Dottorati (a cura dei professori Coppo, Giovannini, Mandelli) e il sito (realizzato da Maurizio Unali).

Quanto abbiamo sin qui esposto consente di prevedere con ottimismo un ulteriore sviluppo dell'Unione e una più forte integrazione delle sue varie componenti; mai come ora infatti l'UID deve poter contare sulla collaborazione di tutti i suoi soci.

events

The Activities of the UID/AED

Italian Union of Draughtsmen
European Association of Draughtsmen

New future activities

Cesare Cundari

Since it was founded twenty years ago, the UID (Italian Union of Drawing) has proved to be a pivotal focal point for all those involved in Representation. However, for some time now, there has been a growing need to adjust the UID to the different status of possible members and to encourage greater participation in its work and decisions. There are currently well over 200 teachers, assisted by Ph.D students and graduates. Further, the initial phase involving the establishment of Representation as a field of learning is currently winding to a close. As far back as the 2002 Lerici Conference, amendments to the Constitution were drafted, debated and approved in order to address these changes. During that meeting, the Assembly also collectively indicated Prof. Gaspare de Fiore as the future President of the UID.

The extraordinary Assembly held on May 22, 2003 in Rome unanimously approved the various amendments as well as the new Constitution. Afterwards, an ordinary assembly was held to elect its Governing Bodies: the Management Board and the Scientific Commission. A thorough debate of the two lists of candidates took place. The lists had been drafted to help the electorate choose a geographically balanced representation. Further candidatures were put forward and the members proceeded to vote. For the Management Board, the Assembly voted the proposed candidates in block: de Fiore, Baculo, Coppo, Cundari, Docci, Giovannini, Inzerillo, Mandelli, Mongiello. Instead, for the Scientific Commission, the Assembly voted for a

majority of the proposed candidates: Bini, Pagnano, Cardone, Pratelli, Manganaro, Maestri, Falzone, Giandebiaggi, Gaiani, de Rubertis, Basile, Albisinni.

The Management Board met for the first time on June 27 and elected the President by unanimously confirming Prof. de Fiore. The President then named Prof. Cundari as Secretary. The Board then unanimously designated Prof. Docci as Vice President and Prof. Mezzetti as Treasurer. The Board also set up the Council. Apart from the President and the Secretary, the Board elected Prof. Coppo, Prof. Giovannini and Prof. Mandelli as well as deliberating that the Vice President be invited to all its meetings. The Management Board also integrated the members of the Scientific Commission, envisaged by the Constitution, by designating one internal member, Prof. Cundari. The other two places were reserved for two external members (Prof. Gambardella, the first non-elected member of the Assembly and Prof. Garcia Codoñer from the University of Valencia. The latter was chosen for his personal competence as well as providing a useful link with the AED).

The Management Board also met in July and September to draft a future work programme. It was decided to invite the Scientific Commission to make a contribution. The Commission began its work in September by starting to draft its own internal rules of procedure as well as a work programme to be submitted to the Management Board. During the recent Lerici Conference, a temporary report was presented on the Ph.D courses (written by Prof. Coppo, Prof. Giovannini and Prof. Mandelli) and the site (elaborated by Prof. Unali). This work allows us to be optimistic regarding the future development of the Union and greater integration of its members. In fact, never before has the UID been able to rely on the collaboration of all its members to such a degree.

Seminari

L'insegnamento della Geometria descrittiva nell'era dell'informatica

Roma, prima facoltà di architettura
Ludovico Quaroni, aula magna
23-24 maggio 2003

Laura De Carlo

È ormai da tempo che la rappresentazione digitale è tra i temi più discussi nell'area del disegno e al centro degli interessi dei suoi componenti. Tuttavia, specie nell'ambito della formazione universitaria non si ha ancora la capacità di accogliere fra le discipline del disegno le potenzialità offerte dal mezzo informatico né si è raggiunta la maturazione necessaria a definire nuovi statuti disciplinari.

Il disegno digitale – sia esso di progetto, rilievo, analisi o di comunicazione dell'architettura – è visto da molti, per le sue potenzialità espressive e comunicative, come propulsore evolutivo, peculiarmente idoneo per comprendere e prefigurare lo spazio architettonico, ma anche come mezzo generativo capace di controllare nuovi livelli di complessità dello spazio architettonico nel progetto.

Che la digitalizzazione abbia profondamente modificato le modalità di rappresentazione, forse in modo irreversibile, è ormai un dato di fatto; tuttavia, nelle scuole di architettura e ingegneria, non è altrettanto scontata la consapevolezza che le nostre discipline stiano attraversando un processo evolutivo epocale che noi dobbiamo controllare e assecondare e che siamo, dunque, tutti chiamati a un grande sforzo di rinnovamento della didattica tale da coniugare le nobili e collaudate discipline della rappresentazione con la nuova cultura digitale. Queste le questioni che hanno indotto – Mario Docci e chi scrive – a promuovere, nel maggio di quest'anno, un in-

contro/confronto tra colleghi italiani e stranieri dedicato a questi temi e, in particolare, all'insegnamento della Geometria descrittiva, disciplina che più delle altre sembrerebbe indebolirsi di fronte ai nuovi automatismi di costruzione dell'immagine. L'ampia adesione e partecipazione al seminario, specie dei colleghi più giovani, è stata la più palese testimonianza della necessità e improcrastinabilità di una riflessione comune tesa a definire un quadro di riferimento per il nostro lavoro didattico.

Nelle tre sessioni del seminario – coordinate da Mario Docci, Roberto de Rubertis e Laura De Carlo – si sono succeduti interventi di colleghi italiani e stranieri che hanno definito un panorama articolato di posizioni e approcci diversi; si sono così potute ascoltare le argomentazioni di chi vede il ricorso al digitale come puramente strumentale, come un mezzo che pur agevolando alcuni processi di apprendimento non modifica sostanzialmente il *corpus* disciplinare, e quelle opposte, di chi, a volte con entusiasmo, vede spostarsi l'asse portante dell'insegnamento verso una geometria sempre più orientata sui procedimenti di genesi e di elaborazione delle forme dello spazio.

I diversi interventi e i brevi dibattiti a chiusura di ogni sessione hanno tracciato, pur nelle prevedibili diversità, un quadro ricco di esperienze didattiche, riflessioni, provocazioni e hanno offerto un insieme di idee e riferimenti sullo «stato dell'arte». Possiamo dire che si è forse fatto un primo passo verso quella convergenza di pensiero che potrebbe portare a ridefinire i fondamenti scientifici della rappresentazione includendo in essi la dimensione digitale. D'altra parte è proprio dal dialogo che possono delinarsi posizioni comuni; pur nella consapevolezza che è comunque difficile formulare risposte univoche e avanzare previsioni in tempi in cui le innovazioni tecnologiche si succedono incessantemente, si può tuttavia attivare una sorta di osservatorio e di confronto continuo ed è ciò che il seminario romano ha voluto fare, nell'auspicio che sia stato il primo di una lunga serie.

Seminars

Teaching descriptive geometry in an IT world

Rome, first Faculty of Architecture
Ludovico Quaroni, aula magna
May 23-24, 2003

Laura De Carlo

For some time now digital representation is one of the most debated areas of design, central to the interests of all its component parts. However, in university circles in particular, the potential of computer technology has not yet been integrated into this discipline, nor has there been much progress in the establishment of new statutes.

Due to its expressive and communicative potential, many people consider digital drawing – whether it be a project, survey, study or, in short, a way to communicate architecture – as an evolutionary propulsion engine, particularly suitable to understanding and prefiguring architectural space as well as a generative tool capable of controlling the complex level of the project's architectural space.

It is a fait accompli that digitalisation has radically modified representation methods, presumably once and for all. However, it is not a foregone conclusion that architectural and engineering schools are fully aware of the fact that our fields of learning are undergoing epochal changes which have to be governed and supported and that we are therefore all responsible for implementing new didactics aimed at merging the excellent and time-honoured representation methods with this new digital culture.

These issues have led Mario Docci and myself to sponsor an international meeting/seminar in

May 2003, involving both Italian and foreign colleagues, on these topics and, in particular, on the teaching of descriptive geometry which seems to be the discipline most affected by these new image-building automatisms.

The seminar was well attended, especially by younger colleagues, which proved the imminent need for a debate on the definition of common reference guidelines for our didactic work.

Mario Docci, Roberto de Rubertis and Laura De Carlo coordinated the three sessions of the seminar. Italian and foreign speakers participated in the debate, outlining a wide range of different standpoints and approaches. Participants heard the viewpoints of those who consider the digital mode as purely instrumental, as a tool that facilitates certain learning processes without substantially modifying the teaching corpus. They also listened to drastically different views from those who, sometimes enthusiastically, see the core issues of education shift towards a geometry increasingly focused on procedures relating to the genesis and elaboration of spatial forms.

The various presentations and short debates at the end of the sessions highlighted a wide range of different didactic experiences, opinions and challenges. In general, they described a 'state of the art' overview of ideas and guidelines. Perhaps we can say that the groundwork was laid towards a convergence that could lead to a redefinition of the fundamental scientific philosophy of representation, including the digital dimension.

Obviously dialogue can lead to common positions. However, one must bear in mind that it is difficult to formulate univocal answers and made predictions in times of ongoing technological change. Nevertheless, the seminar in Rome aimed at setting up a sort of permanent observer group in the hope it will be the first of many.

Riccardo Migliari
Geometria dei modelli
 Roma, Kappa, 2003

La Facoltà di Architettura dell'Università di Roma La Sapienza, fin dalla sua nascita nel lontano 1920, si è sempre caratterizzata per la peculiare linea culturale dei suoi programmi. Questa caratteristica – mai tradita, neanche nei momenti più difficili – si manifestava e si manifesta nell'approccio particolare riservato agli studi storici, al restauro e al disegno; anche se proprio le discipline del disegno – che vanno dal disegno dal vero, alla geometria, al rilevamento – hanno vissuto con la riforma degli ordinamenti delle Facoltà di Architettura del 1969 un periodo oscuro, per fortuna ormai superato.

A noi, naturalmente, interessa in modo particolare il ruolo riservato nella preparazione dell'architetto alla geometria, disciplina che a partire dal 1984, anno di nascita del nostro Dipartimento, ha avuto un nuovo impulso tanto per quanto riguarda la ricerca quanto per quanto riguarda la didattica.

Penso che oggi si possa ormai parlare di una scuola romana della geometria, forte di una antica e consolidata tradizione, che risale ai primi anni di vita della Facoltà e vanta il lavoro di docenti quali Francesco Severi, Fausto Vagnetti ed Enrico Bompiani. Negli ultimi vent'anni tale scuola ha dato un importante contributo alla ricerca e in questi ultimi tempi, caratterizzati dai rapidi e profondi cambiamenti determinati dall'avvento dell'informatica, ha intrapreso nuove strade per adeguare l'insegnamento della disciplina ai nuovi tempi.

I primi segni di rinnovamento erano già timidamente presenti nel libro che Migliari scrisse insieme a me nel 1992 (*Scienza della Rappresentazione*, Roma, NIS). Da allora Migliari ha continuato a lavorare in questa direzione realizzando quella congiunzione tra geometria e rappresentazione digitale che ormai è divenuta prassi per molti operatori. Il suo nuovo libro segna un ulteriore passo avanti, configurando una vera e propria teoria dei modelli in ar-

chitettura; un'evoluzione, questa, cui credo abbia contribuito l'avvento del laser scanner 3D e del *reversing model*.

All'origine del nuovo contributo di Migliari c'è la consapevolezza che l'architetto, quando progetta, visualizza nella propria mente un *modello*, successivamente verificato mediante rappresentazioni sul piano per proiezione, ma anche che il rilievo altro non è che la ricostruzione del progetto. Si tratta di quel legame tra progetto-opera-rilievo che sintetizza un doppio flusso: dal modello grafico all'opera e dall'opera, attraverso il rilievo, al modello grafico o digitale o plastico. A partire da queste considerazioni Migliari sviluppa un percorso didattico nuovo e molto efficace. Nella prima parte – *Concetti introduttivi* – dopo aver analizzato le operazioni di visualizzazione e di costruzione del modello, passa alla ricostruzione nello spazio dell'oggetto rappresentato. Quindi affronta nella seconda parte il grande tema dei modelli grafici e/o digitali ottenuti per proiezione parallela e per proiezione centrale.

Nella parte terza tratta le linee speciali e le superfici, – da quelle della geometria tradizionale alle superfici NURBS complesse, organiche e poliedriche, – per concludere con le intersezioni di superfici.

Il volume si conclude con la parte quarta, dedicata alla propagazione della luce e ai suoi modelli geometrici, alla costruzione delle ombre nei modelli grafici e, infine, alla resa delle ombre e del chiaroscuro nei modelli informatici.

Numerose immagini di grande efficacia e particolarmente stimolanti, in gran parte realizzate con il mezzo informatico, illustrano il libro che presenta una veste grafica particolarmente curata. Un CD Rom allegato contiene i programmi di modellazione think3, che, come dice l'autore, gli sono serviti per rinnovare l'insegnamento della geometria descrittiva.

In conclusione va dato ampio merito a Riccardo Migliari per questo suo ultimo contributo rivolto al rinnovamento della didattica, dietro il quale vi è una lunga attività di ricerca condotta con efficacia e capacità.

Mario Docci

Riccardo Migliari
Geometria dei modelli
 Roma, Kappa, 2003

Ever since the Faculty of Architecture of the University of Rome, La Sapienza, was founded in 1920, its study syllabuses have always had a unique cultural slant. This approach – which never faltered even during its most difficult moments – consisted, and still consists, in its distinctive approach to historical studies, restoration and drawing. The various fields of drawing – real-life drawing, geometry and survey – did see dark days during the 1969 reforms in the Faculty of Architecture, luckily abolished by later reforms.

Obviously, our particular interest focuses on the role geometry plays in the education of architects. When our Department was founded in 1984, this discipline became more important in the fields of research and education. Today, I think that we can speak of a Roman school of geometry, with a long-standing and consolidated tradition that dates back to the Faculty's early days and can boast of lecturers such as Francesco Severi, Fausto Vagnetti and Enrico Bompiani. In the past twenty years, the school has contributed extensively to research and, after the advent of computer technology and the rapid and radical changes it has brought in its wake, it has updated its teaching methods to suit the times.

The kernels of these first changes can be found in the book that Migliari and I wrote in 1992 (Scienza della Rappresentazione, Roma, NIS). Since then, Riccardo Migliari has continued to work on this subject, building a link between geometry and digital representation that in many cases has become commonplace for many users. His new book, The Geometry of Models, takes this research one step further and puts forward a theory of models in architecture, a development I believe was made possible by the creation of 3D laser scanners and the reversing model.

His new contribution is based on the conviction that during design an architect visualises a mental model which he then verifies by projected representations. He also believes that survey is simply the reconstruction of the project. It's the link between project, design and survey that creates this binary flow: from the graphic model to the design and from the design, through survey, to the graphic, plastic or digital model.

Apart from these considerations, Migliari develops a new and very efficient teaching method. In the first part of his book – Introductive Concepts – he analyses the visualisation and construction of the model and illustrates how to reconstruct the object in space. In the second part of the book, he tackles the crucial theme of graphic and/or digital models obtained through parallel projection (double orthogonal projection and axonometric projection) and through central projection (perspective).

In the third part of the book, he outlines the special lines and surfaces – ranging from traditional geometric lines to complex organic and polyhedral NURBS surfaces – and ends by illustrating surface intersections. The fourth part of the book is dedicated to light and its geometric models, the construction of shadows in graphic models and finally, the effects of shadows and chiaroscuro in computer models.

The graphically elegant and well researched book has many computer-generated images that are incisive and inspiring. The book has a CD Rom with think3 modelling programmes which the author says he used to revamp the teaching of descriptive geometry. Finally, Riccardo Migliari must be commended for his most recent contribution to updating teaching based on his long years of research carried out with dedication and skill. I am certain that this book, like the others before it, will be equally appreciated by students, young architects and colleagues alike.

Mario Docci

Massimo Pica Ciamarra
Ragioni simultanee
Simultaneous Reasons

Eser Durukal, Mustafa Erdik
Proteggere Hagia Sophia dai terremoti:
una sfida per l'ingegneria e la conservazione
*Earthquake protection of Hagia Sophia:
a challenge for engineering
and conservation*

Carlo Bianchini, Priscilla Paolini
Rilievo per il restauro e la messa in sicurezza
di Hagia Sophia a Istanbul:
prime sperimentazioni
*The survey for the restoration and
the earthquake protection of Hagia Sophia
in Istanbul: initial experimentation*

Mario Docci
Hagia Sophia.
Analisi del rilevamento interno
*Analysis of the survey
of the interior of Hagia Sophia*

*Pio Baldi, Margherita Guccione,
Eriilde Terenzoni*
Archivi per l'architettura moderna
e contemporanea
*Archives for modern and contemporary
architecture*

Michela Rossi
Le vie d'acqua tra rilievo e disegno:
l'assetto idraulico e le geometrie
del paesaggio parmense
*Waterways in surveys and drawings:
water management and the geometric
patterns of the landscape around Parma*

Franco Cervellini
«Niente di default»
Alcune indagini sperimentali
intorno alla forma architettonica
*"No default". On certain experimental
studies on architectural form*

Ghisi Grütter
Il disegno del manifesto
Poster design

