


Re  
USO



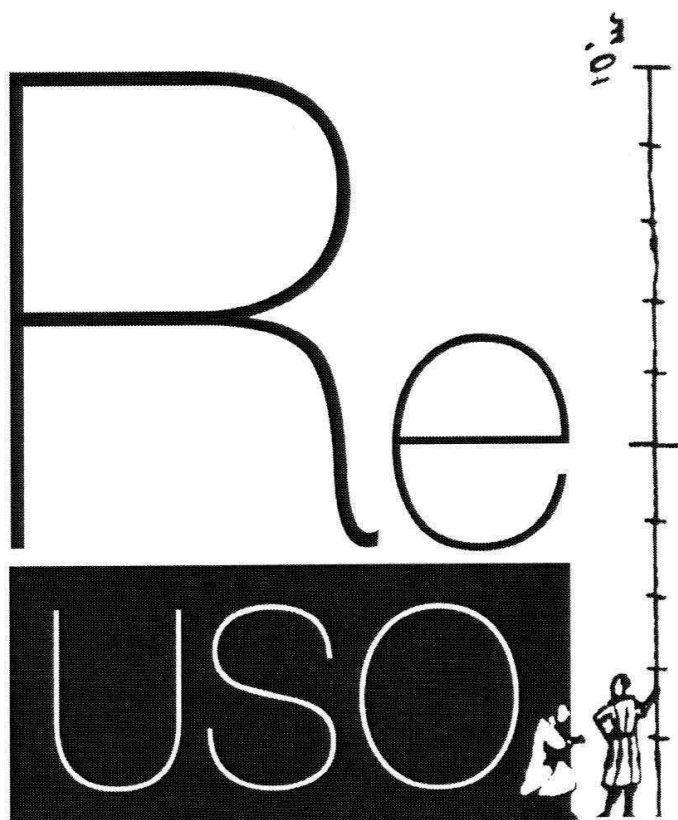
**LA CULTURA DEL RESTAURO E DELLA VALORIZZAZIONE**  
**TEMI E PROBLEMI PER UN PERCORSO INTERNAZIONALE DI CONOSCENZA**

A CURA DI  
**STEFANO BERTOCCHI**  
**SILVIO VAN RIEL**

**ALINEA**  
EDITRICE



2° Convegno Internazionale sulla documentazione, conservazione e recupero  
del patrimonio architettonico e sulla tutela paesaggistica

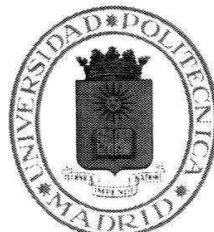


La cultura del restauro e della valorizzazione.  
Temi e problemi per un percorso internazionale di conoscenza

A cura di:  
Stefano Bertocci  
Silvio Van Riel



UNIVERSITÀ  
DEGLI STUDI  
FIRENZE  
**DIDA**  
DIPARTIMENTO DI  
ARCHITETTURA



**ALINEA**  
EDITRICE

La presente pubblicazione è stata valutata con il metodo della “duble blind pier review“ da esperti nel campo dell’architettura e del restauro. Le fonti e le informazioni che si trovano all’interno degli specifici lavori sono state verificate dalla commissione di valutazione. La commissione di valutazione è stata selezionata dal comitato scientifico della conferenza tra gli studiosi più esperti nelle rispettive tematiche del convegno. Tale metodo è stato scelto per prevenire la diffusione di risultati irrilevanti o interpretazioni scorrette.

La redazione ringrazia tutti coloro che hanno contribuito con il loro lavoro al Convegno Internazionale Reuso e dato l’autorizzazione per la pubblicazione. I curatori, l’editore, gli organizzatori ed il comitato scientifico non possono esser ritenuti responsabili nè per il contenuto nè per le opinioni espresse all’interno degli articoli. Inoltre gli autori hanno dichiarato che i contenuti delle comunicazioni sono originali e, qualora richiesta, hanno la relativa autorizzazione a includere, utilizzare o adattare citazioni o tabelle e illustrazioni provenienti da altre opere.

Responsabile del progetto editoriale: Giovanni Minutoli

Editing: Matteo Bigongiari, Sara Bua, Antonietta Milano

© copyright ALINEA EDITRICE s.r.l. – Firenze 2014  
50144 Firenze, via Pierluigi da Palestrina, 17 /19 rosso

*tutti i diritti sono riservati:  
nessuna parte può essere riprodotta in alcun modo  
(compresi fotocopie e microfilms)  
senza il permesso scritto dalla Casa Editrice*

ISBN 978-88-6055-829-9

Finito di stampare nell’ottobre 2014

*Stampa:*  
Global Print – Gorgonzola (Milano)  
[www.globalprint.it](http://www.globalprint.it)

*Realizzato e distribuito da:*  
ALTRALINEA EDIZIONI s.r.l. – Firenze  
+39 55 333428  
[info@altrilinea.it](mailto:info@altrilinea.it)  
[www.altrilineaedizioni.it](http://www.altrilineaedizioni.it)

## La cultura del restauro e della valorizzazione. Temi e problemi per un percorso internazionale di conoscenza

Il Dipartimento di Architettura dell'Università di Firenze e l'Escuela Técnica Superior de Arquitectura dell'Universidad Politécnica de Madrid propongono la realizzazione di un convegno internazionale sui temi della Documentazione, Conservazione e Restauro del patrimonio architettonico, dei centri storici e della Tutela paesaggistica, facendo seguito al 1° convegno internazionale organizzato a Madrid dal 20 al 22 giugno 2013.

Il convegno, anche in riferimento agli indirizzi disciplinari accademici, è articolato in cinque tematiche:

1) Criteri e modalità di intervento in tempo di crisi. La conservazione del Patrimonio può subire potenziali rischi naturali e antropici. L'obiettivo è la condivisione di diverse prospettive, metodologie e pratiche che permettano di rispondere alle situazioni "di crisi" e di garantire una appropriata conservazione del nostro Patrimonio .

2) Tecnologie e metodologie operative per la conservazione. L'obiettivo è la valutazione di differenti conoscenze e aggiornate pratiche e tecniche di consolidamento e riabilitazione strutturale, per la valutazione di tutti gli aspetti legati alla compatibilità dell'intervento strutturale e architettonico, al bilancio energetico e ai valori fondamentali del Patrimonio edilizio esistente.

3) La vita negli edifici e nelle città storiche. Nuove idee e concetti di compatibilità di uso sono essenziali per promuovere e garantire la conservazione e il riuso del Patrimonio architettonico e urbanistico all'interno dei centri storici nel quadro del contesto urbanistico contemporaneo.

4) Nuove considerazioni per l'utilizzo e la valorizzazione dei monumenti. E' necessario rivedere l'utilizzo di molti dei nostri monumenti, andati in crisi anche per eccesso o carenza di flussi turistici. Appare oggi importante rivedere la compatibilità di alcune applicazioni sul nostro patrimonio e delle relative funzioni.

5) La fruizione del Patrimonio: itinerari culturali e paesaggio. Paesaggi e centri storici sono costituiti da una somma di valenze e di elementi eterogenei che compongono sistemi complessi: centri abitati, strade, percorsi, ambienti. Tutti questi elementi devono essere documentati e protetti per preservare il pieno valore del nostro Patrimonio in tutta la sua estensione, sia fisica che culturale.

Sito ufficiale: <http://reusofi.wix.com/reuso>

Stefano Bertocci, Mario De Stefano, Maurizio De Vita, Fauzia Farneti, Giovanni Minutoli, Susana Mora Alonso-Muñoyerro, Silvio Van Riel



## Comitato organizzatore:

*Dipartimento di Architettura dell'Università degli Studi di Firenze*

Prof. Silvio Van Riel  
Prof. Stefano Bertocci  
Prof. Fauzia Farneti  
Prof. Maurizio De Vita  
Prof. Mario De Stefano  
PhD. Arch. Giovanni Minutoli

*Escuela Técnica Superior de Arquitectura de la Universidad Politécnica de Madrid*

Prof. Susana Mora Alonso-Muñoyerro

*Federazione Architetti Pianificatori Paesaggisti Conservatori Toscani*

Arch. Paola Gigli

## Segreteria scientifica:

PhD. Arch. Monica Lusoli  
Arch. Francesco Pisani  
Arch. Linda Puccini

## Segreteria organizzativa:

Valerio Alecci  
Sara Bua  
Monica Lusoli  
Francesco Pisani  
Linda Puccini  
Elena Juárez Alonso  
Pablo Alejandro Cruz Franco  
Pablo Fernández Cueto  
Mónica Fernández de la Fuente  
Patricia González Amigo  
Marcos Hernanz Casas  
Ignacio Mora Moreno  
Natalia Rubio Camarillo  
Adela Rueda Márquez de la Plata  
Jesus Sanchez Arenas

## Comitato d'onore:

- Alberto Tesi, (Magnifico Rettore, Università degli Studi di Firenze)  
Carlos Conde Lázaro (Rector Magnífico, Universidad Politécnica de Madrid)  
Saverio Mecca (Professore e Direttore, Dipartimento di Architettura, Università degli Studi di Firenze)  
Luis Maldonado Ramos (Catedrático y Director, ETSAM. UPM)  
Alfonso García Santos (Catedrático y Director, DCTA. ETSAM. UPM)  
Javier G<sup>a</sup>-Gutiérrez Mosteiro (Catedrático y Director, Master en Programa de Conservación, ETSAM. UPM)  
Mario Augusto Lolli Ghetti (Dirigente Generale, Ministero per i Beni e le Attività Culturali)  
Cristina Acidini (Soprintendente, Soprintendenza Speciale per il Patrimonio Storico, Art. ed Etn. e per il Polo Museale della città di Firenze)  
Alessandra Marino (Soprintendente, Soprintendenza per i Beni Arch., Paesaggistici, Storici, Artistici ed Etn. per le province di Firenze, Pistoia e Prato)  
Ildefonso Muñoz Cosme (Subdirector General, Instituto de Patrimonio Cultural de España)  
Maurizio De Stefano (Presidente, ICOMOS Italia)  
M<sup>a</sup> Rosa Suarez-Inclan Ducassi (Presidenta, ICOMOS España)  
Luigi Zangheri (Presidente, Accademia delle Arti del Disegno Firenze)  
Fernando Ledesma Bartret (Presidente, Real Fundación Toledo)  
Giovanni Carbonara (Professore, Università La Sapienza Roma)  
Marco Dezzi Bardeschi (Professore, Politecnico di Milano)  
Marcello Fagiolo (Professore, Università La Sapienza Roma)  
Francesco Gurrieri (Professore, Università degli Studi di Firenze)  
Andrzej Kadluczka (Professore, Università Politecnica di Cracovia)



## Comitato scientifico:

Jesús Anaya Díaz (Universidad Politécnica de Madrid)  
Mario Bevilacqua (Università degli Studi di Firenze)  
Fauzia Farneti (Università degli Studi di Firenze)  
Silvio Van Riel (Università degli Studi di Firenze)  
Stefano Bertocci (Università degli Studi di Firenze)  
Diego Cano-Lasso Pintos (Universidad San Pablo CEU)  
Antonio Conte (Università degli Studi di Basilicata)  
Riccardo Dalla Negra (Università degli Studi di Ferrara)  
Francesco Doglioni (Università IUAV di Venezia)  
Julian Esteban Chaparría (Arquitecto. Comunidad Valenciana)  
Marco Antonio Garcés Desmaison (Arquitecto. Castilla y León)  
Antoni González Moreno-Navarro (Arquitecto. Cataluña)  
Antonella Guida (Università degli Studi della Basilicata)  
Raffaella Lione (Università degli Studi di Messina)  
Mario Manganaro (Università degli Studi di Messina)  
Juan Monjo Carrió (Universidad Politécnica de Madrid)  
Stefano Francesco Musso (Università degli Studi di Genova)  
Andrea Nanetti (School of Art, Design & Media, Nanyang Technological University, Singapore)  
Maricruz Pailles (Instituto Nacional de Antropología e Historia, Consejo Nacional para la Cultura y las Artes, Mexico)  
Luis Palmero Iglesias (Universidad Politécnica de Valencia)  
Salvador Pérez Arroyo (Universidad Politécnica de Madrid)  
Luis Pérez de Prada (Arquitecto. Madrid)  
Ángel Pizarro Polo (Universidad de Extremadura)  
Giuseppina Carla Romby (Università degli Studi di Firenze)  
Riziero Tiberi (Università degli Studi di Firenze)  
José Miguel Rueda Muñoz de San Pedro (Arquitecto Madrid)  
Javier Saenz Guerra (Universidad San Pablo CEU)  
Jolanta Sroczynska (Universidad Politécnica de Cracovia)

## SOMMARIO

### VOLUME 1

Presentazioni	27
TEMA 1	
<i>Criteria e modalità di intervento in tempo di crisi. La conservazione del Patrimonio può subire potenziali rischi naturali e antropici. L'obiettivo è la condivisione di diverse prospettive, metodologie e pratiche che permettano di rispondere alle situazioni "di crisi" e di garantire una appropriata conservazione del nostro Patrimonio</i>	
Dal restauro ad 'oltre' il restauro: questioni aperte M. P. Sette	43
Proposta di una metodologia di approccio speditiva per la salvaguardia degli edifici in aggregato appartenenti ai centri storici in zona sismica G. Cardani, P. Giami, P. Belluco, L. Binda	51
Imparare dalle crisi: la lezione del dopoguerra nella città storica contemporanea D. R. Fiorino	59
Morphological and mechanical features of the masonries of Casentino and Sant' Susanio Forconese (l'Aquila) V. Alecci, M. De Stefano, L. Rovero, U. Tonietti	67
La chiesa di Santa Maria del Rifugio a Beffi (AQ): studi, analisi e progetto di restauro G. Minutoli	75
Basilica di Santa Maria di Collemaggio a l'Aquila: la lettura delle murature al servizio del restauro B.A. Vivio	83
Il sisma del 20 e 29 maggio 2012 nel modenese. Alcune considerazioni sui danni all'edificato a seguito dell'indagine nei comuni di medolla e San Possidonio S. Van Riel	91
La chiesa di San Possidonio nella bassa modenese: la storia dei restauri e i danni provocati dal sisma del 2012 F. Farneti	99
Gli edifici storici in situazione di "crisi": la scuola elementare in piazza Andreoli a San Possidonio (Modena) M. Lusoli	107



L'ex casa del fascio di San Possidonio, l'analisi di un edificio colpito dal sisma per una miglior prevenzione del rischio sismico F. Pisani	115
Un edificio sotto assedio. Dal danno bellico al danno sismico: il progetto di miglioramento statico della chiesa di San Benedetto a Ferrara P. Bassani	123
Antico Gandhāra: il sito buddhista di Tokar-Dara 1 (Swāt, Pakistan). Problemi di conservazione e proposte di valorizzazione M.G. Turco	131
Post conflict conservation or reconstruction: analysis, criteria, values of the recent syrian cultural heritage S. Haj Ismail	139
The new use of spaces at the wing of "hospital clinico de Madrid (1939-1964) after the spanish civil war G. Osma Jiménez	147
L'archeologia dell'architettura come forma preventiva di conoscenza del patrimonio edificato storico in aree a rischio sismico A. Arrighetti	151
TEMA 2	
<i>Tecnologie e metodologie operative per la conservazione. L'obiettivo è la valutazione di differenti conoscenze e aggiornate pratiche e tecniche di consolidamento e riabilitazione strutturale, per la valutazione di tutti gli aspetti legati alla compatibilità dell'intervento strutturale e architettonico, al bilancio energetico e ai valori fondamentali del Patrimonio edilizio esistente</i>	
L'importanza del processo di conoscenza per un consapevole e condiviso progetto di restauro conservativo C.R. Romeo, P. Pedrini	159
Continuous basalt fiber stitching for compatible and reversible masonry strengthening. First experimental results F. Monni, E. Quagliarini, S. Lenci	167
Novel hydrophobic photopolymerizable free-solvent protective coating for porous stones R. Striani, C. Esposito Corcione, M. Frigione, G. Dell'Anna Muia, D. De Giosa	173
The deficit of material after the 2nd World War. New techniques and challenges. V. Antigüedad García, J. Anaya Díaz	181

Le mura urbane di Ravenna: procedure rapide ed affidabili per la realizzazione di modelli digitali 3D per la documentazione e la valorizzazione L. Cipriani, F. Fantini, S. Bertacchi	291
Processo storico-costruttivo, dissesti e consolidamento: il caso di studio del duomo di Mirandola C. Galli, S. Bergami	299
Classificazione tipologico-materica e analisi energetica del patrimonio esistente. Il caso del geocluster regionale vernacolare della basilicata N. Cardinale, A. G. M. I. R. Guida, A. Pagliuca, T. Cardinale	307
Nuove tecnologie per "investigare" e adeguare strutture storiche: l'ex convento del Real Monte di Pietà in Barletta G. Teseo, B. Persichetti, J.C. Miranda Santos, M. Di Cosmo, B. Marradi	315
Architettura tradizionale in Sardegna: dalla lettura del costruito a una strategia per la sua trasformazione e conservazione Billeci, M. Dessì	323
Projectual efficacy of the analitical action: radar survey and historical architecture G. M. Ventimiglia	329
L'edificio della ex Borsa di Odessa (Ucraina): problemi del riuso di un monumento eclettico – storicista progettato dall'architetto Alessandro Bernardazzi Nadia Eksareva, Stefano Bertocci	337
The evaluation of the restoration of the Sveti Stefan bulgarian church, the only surviving iron church in the world Sibel Onat Hattap	345
Una casa per il Cairo L. Ficarelli	353
Digital documentation of an Ottoman Soap Factory in Lod, Israel R. Vital	361
The history and restoration of the large holy ( <i>kal kados ha gadol</i> ) synagogue in Edirne S. Yardimli	369
Eficiencia energética y rehabilitación en España según la directiva europea 2010/31/UE R. García Quesada	377



Modernas técnicas constructivas en la arquitectura defensiva de la ciudad. Torres Artilladas en la isla de Menorca M. Fernández de la Fuente, S. Mora Alonso-Muñoyerro	385
Análisis de los conocimientos técnicos que influyeron en la teoría de la arquitectura en la España a través de las publicaciones periódicas en 1840. Rueda Márquez de la Plata, P. A. Cruz Franco	393
Conservación, restauración y puesta en valor del patrimonio arquitectónico guatemalteco a través del legado fotográfico de Diego Angulo al CSIC A. Pascual Chenel	399
Discarded restoration projects and demolished architecture as an alternative of the structural evolution in the Cathedral of Leon N. Rubio	407
El modelo tridimensional como herramienta para el estudio del reuso: la tecnología bim en intervención aplicado al patrimonio arquitectónico Jordàn Palomar, R. March Oliver	411
Memoria y territorio: El Lapis Specularis, memoria recuperada de una comarca E. Lomoschitz Mora-Figueroa	419
Propiedades y límites de técnicas de consolidación en la preservación de los valores arquitectónicos E. Zapatero	423
Architettura e paesaggio in Carelia. Metodologie e strategie di rilievo integrato per l'analisi e la conoscenza in "contesti difficili" S. Porzilli	429
La Restauración de la Capilla de San Pedro en la Catedral de Valencia A. Establés Muñoz, Á. J. Castanho Garcia	437
La telefónica di Granada. La riabilitazione di un simbolo E. Juárez Alonso	445
"Trinidad building": work procedure for a correct restauration E. Manzanares Bennet	453
La biblioteca "Tito Maccio Plauto" di Sarsina (FC): ipotesi di riabilitazione strutturale S. Agresti	461
Scuola primaria "Dante Alighieri" di San Miniato Basso: la ricerca documentale ai fini dell'intervento di riabilitazione strutturale I. Conforte	469

Benozzo Gozzoli, pittore fiorentino tra la Valdera e la Valdelsa. Proposta di realizzazione di un "museo-diffuso" per la conoscenza e la valorizzazione del linguaggio benozziano sul territorio toscano. F. Susini	477
Venezia, appunti per la tutela del sistema architettonico – ambientale. Immagine, modello, tecnologia A. Robotti	485
La valutazione ed il restauro degli alberi monumentali nei giardini e parchi storici dell'area fiorentina L. Sani, A. Bellandi	493
Il Battistero di Piazza dei Miracoli a Pisa, metodologie per la restituzione e la documentazione dei paramenti esterni G. Pancani	501
Segezia storia di un borgo dimenticato, ipotesi di recupero e riutilizzo dell'ex Palazzo Comunale A.L. Ciuffreda	509
Metodologia operativa per il restauro ed il riuso di edifici ecclesiastici abbandonati. Il Restauro di due chiese in Basilicata e Puglia L. Mecca	517
 VOLUME 2	
 TEMA 3	
<i>La vita negli edifici e nelle città storiche. Nuove idee e concetti di compatibilità di uso sono essenziali per promuovere e garantire la conservazione e il riuso del Patrimonio architettonico e urbanistico all'interno dei centri storici nel quadro del contesto urbanistico contemporaneo</i>	
Urban Rehabilitation and city project A. Alvarez Mora	551
The historic town as the principle and code of the future in architectural design A. Conte, M. Onorina Panza	559
Values and behavior: historical buildings vs. energy efficiency P. Gallo	567
Re-use of the architectural heritage for the redevelopment of the contemporary city. C. Palestini	575

---

IL BATTISTERO DI PIAZZA DEI MIRACOLI A PISA,  
METODOLOGIE PER LA RESTITUZIONE E LA  
DOCUMENTAZIONE DEI PARAMENTI ESTERNI

THE BAPTISTERY OF PIAZZA DEI MIRACOLI IN PISA, METHODS  
FOR RECONSTRUCTING AND DOCUMENTING EXTERNAL  
WALLS

G. PANCANI  
UNIFI, DIDA

The Baptistery has a complicated morphological extension of a cylindrical shape, diversified on each of the three orders composing it and with a rich embellishment situated in relief in relation to the baptistery wall.

The two-dimensional reconstruction was a tricky and complicated procedure since all the architectural elements had to be represented at life size. It was tackled by dividing the monument into the three orders and into the minimum formal elements composing it. In the first order the "minimum formal elements" were identified as the blind arches, the half columns and in the portion of cylindrical surface surmounting the arches. The same method was used for the second order, while for the third order the projections of each side of the polygon did not prove particularly problematic. Each minimum formal element was represented with a single chart together with the relative map and all the charts collected in a single database resulting in the overall picture visualised in the orthophoto of the entire "unrolled" wall.

Piazza dei Miracoli a Pisa ha assunto l'aspetto odierno in tempi relativamente recenti, ma il concepimento del complesso monumentale risale all'epoca medievale, quando la repubblica marinara Pisana poteva considerarsi una delle potenze più rilevanti del mondo allora conosciuto.

Nel 1064, sul medesimo sito dell'antica Cattedrale paleocristiana, si fondava la nuova Cattedrale dando avvio ai lavori di costruzione del grande complesso monumentale pisano. Questo sarebbe stato caratterizzato dallo stile Romanico Pisano che avrebbe conferito uniformità formale all'intero monumento, nonostante la sua costruzione si sia protratta per alcuni secoli e vi abbiano preso parte numerosi progettisti e maestri.

Il Duomo, orientato secondo il classico schema est ovest, influenzò la composizione urbanistica della Piazza e la disposizione di tutti gli altri monumenti presenti, dando luogo ad uno schema compositivo molto particolare. Spicca in mancanza di altre presenze rilevanti nella città e nella piana pisana il prevalente colore del marmo bianco di San Giuliano con cui furono costruiti i monumenti. L'effetto fu reso ancor più evidente quando, nel XIX° secolo, l'architetto Alessandro Gherardesca fece realizzare il grande prato che oggi possiamo ammirare, sgombrando anche gli edifici più vicini ai monumenti per ottenere le stupefacenti profondità visive che caratterizzano la piazza.

La costruzione del Battistero iniziò nel 1152 sotto la direzione di Diotisalvi che impostò l'impianto generale, ne seguì i lavori fino al 1180, giungendo probabilmente al



compimento del primo registro. Inoltre è ragionevole pensare che il lavoro di Diotisalvi abbia ispirato anche la realizzazione delle loggette del secondo registro. A Nicola e Giovanni Pisano sono invece da attribuire i busti ed i timpani che coronano e completano il secondo ordine. La costruzione venne infine terminata dal capomastro Cellino di Nese, che dal 1362 realizzò la copertura e il terzo ordine a pianta poligonale.

Il monumento presenta un'elevata complessità morfologica: il primo registro è di forma cilindrica ritmato dalle colonne che incorniciano le arcate cieche che a gruppi di quattro sono intervallate dalle porte del Battistero disposte secondo gli orientamenti cardinali; il secondo ordine decisamente più complesso presenta in primo piano un colonnato su pianta circolare (sessanta piedritti), mentre arretrata di circa 50 centimetri troviamo la parete esterna dell'edificio di forma cilindrica. I capitelli corinzi delle colonne sono sormontati dai busti dei santi opera di Giovanni e Nicola Pisano. All'altezza delle spalle delle sculture si impostano gli archetti che completano il colonnato. Il secondo registro si completa con trenta vimperghe che presentano ancora dei busti di santi al centro e statue sulla sommità. Infine, il terzo ordine di forma poligonale (venti lati, icosagono) è morfologicamente più semplice con bifore al centro di ogni lato dell'icosagono a loro volta sovrastate da timpani. Nell'aprile 2002 il gruppo di studio diretto da Marco Bini ed afferente all'allora Dipartimento di Progettazione dell'Architettura dell'Università degli Studi di Firenze, grazie ad una convenzione firmata con l'Opera della Primaziale Pisana ed un accordo di collaborazione con il laboratorio DIAPReM dell'Università di Ferrara, iniziava il rilievo laser scanner 3D del Battistero di Piazza dei Miracoli a Pisa.

Il lavoro, certamente molto complesso, rappresentava una sfida metodologica soprattutto rispetto alle caratteristiche di ingegnerizzazione delle strumentazioni laser scanner allora disponibili. Si trattava infatti di realizzare il rilievo dell'interno e dell'esterno dell'edificio; era una delle prime volte in cui ci si cimentava in un lavoro simile con questa tecnologia, considerato anche che lo si faceva su di un monumento morfologicamente complesso quale il Battistero di Pisa è.

Per il successo della ricerca fu senz'altro fondamentale la collaborazione con il DIAPReM, che già all'epoca vantava una significativa esperienza di rilievi laser scanner, dal momento che l'Università di Ferrara era stata uno fra i primissimi atenei a dotarsi di strumentazioni laser scanner e disponeva del primissimo strumento prodotto da Cyrax, il 2400 e del successivo Cyrax 2500. Le prime sperimentazioni dei ferraresi erano state realizzate soprattutto su paramenti e facciate, ma era la prima volta che anche il DIAPReM si trovava ad affrontare il rilievo completo di esterni ed interni. Naturalmente le esperienze fino ad allora maturate furono di grande utilità per la messa a punto del progetto di rilievo e della sua successiva messa in atto.

Il rilievo ebbe inizio nel mese di aprile 2002. Furono necessari ben quindici giorni di lavoro, comprese alcune notti, e numerose persone di cui dieci, dirette da Marcello Balzani dedicate al rilievo laser scanner (le strumentazioni pesanti ed ingombranti necessitavano di diversi operatori anche per il semplice spostamento di una stazione), tre persone dedite al rilievo topografico diretto da Mauro Giannini, mentre altre quindici persone coordinate da Stefano Bertocci, furono impiegate per il "rilievo diretto" necessario per coprire le zone d'ombra.

Questo primo progetto consentì la realizzazione della prima nuvola di punti, straordinariamente densa e con poche zone di occlusione rispetto alla tecnologia disponibile all'epoca, ma decisamente migliorabile alla luce delle strumentazioni oggi a

nostra disposizione. La restituzione del lavoro fu faticosa ed oggetto di molte riflessioni: infatti ad una “rudimentale” e poco dettagliata restituzione 2D, furono affiancate diverse viste snapshot della nuvola di punti, senza però giungere ad un’approfondita analisi interpretativa. Al contempo, tuttavia, Giorgio Verdiani nella sua tesi di dottorato affrontava la restituzione del monumento proponendo alcuni metodi di modellazione 3D della nuvola di punti.

La questione della restituzione 2D dei fronti del Battistero di Pisa è stata nuovamente ripresa nel 2010, quando, già si disponeva delle adeguate conoscenze per affrontare lo spinoso tema, rimasto in una sorta di limbo per numerosi anni. Tali conoscenze si erano maturate soprattutto con l’esperienza del rilievo delle quadrature delle volte dei Quartieri Estivi di Palazzo Pitti, successivamente con il rilievo di tutti i Quartieri affrescati al piano terreno del Palazzo e con il rilievo e la restituzione 2D dei fronti del Palazzo di Caterina a Pushkin, nei pressi di San Pietroburgo.

Il progetto è stato prima affrontato con uno stage di rilievo nel corso del quale si sono potuti sperimentare alcuni esempi restitutivi che sono serviti da canovaccio per il lavoro successivo. Questa esperienza ha evidenziato due elementi, il primo era di ordine quantitativo: infatti, la densità della nuvola di punti risalente al rilievo del 2002, risultava in alcune parti decisamente rada, con una maglia di circa 5 x 5 cm, insufficienti per dare un’adeguata restituzione in scala 1:50. Il secondo elemento, invece, di ordine qualitativo: infatti, per le caratteristiche morfologiche del monumento risultava necessario affrontare la restituzione dei fronti non nel modo classico, ma studiando un’appropriata metodologia restitutiva, tale da consentire un’adeguata rappresentazione in vera grandezza di tutti gli elementi architettonici del paramento stesso.

Per proseguire il lavoro risultava pertanto essenziale realizzare un nuovo rilievo degli esterni che fosse in grado di esprimere una maggiore densità di informazioni. Le scansioni furono eseguite nella primavera del 2012, in occasione della tesi di laurea di Silvia Barducci, utilizzando un laser scanner faro Focus3D, strumento di nuova generazione grazie al quale in un solo giorno è stato possibile concludere il nuovo rilievo con una maglia di acquisizione media inferiore al centimetro. La nuvola di punti che ne è risultata è stata prima registrata per proprio conto e successivamente importata in quella precedente del 2002, attraverso un procedimento di registrazione per punti omologhi.

Questa modalità di messa a registro, eseguita con Cyclone®, programma di gestione per nuvole di punti prodotto da Leica Geosystems, sulla cui piattaforma era stato registrato il rilievo del 2002, prevede che l’operatore individui alcuni punti facilmente riconoscibili ed omologhi ad entrambe le scansioni. In una prima fase di rototraslazione il programma provvede ad orientare correttamente le due nuvole di punti, mentre nella seconda fase di affinamento della registrazione il software esegue approfonditi confronti sulla posizione dei punti, analizzandone la morfologia che ne rappresentano al fine di chiudere l’intera messa a registro con modesti e pertanto accettabili scarti d’errore.

Molto più complessa è apparsa invece la soluzione degli aspetti qualitativi, ovvero quelli legati alla restituzione 2D. Si poneva infatti un problema di rilevante entità: la scelta degli elementi architettonici in cui suddividere la restituzione del rilievo; inoltre si doveva risolvere il problema dell’organizzazione in un unico quadro generale dei dati restituiti.

Una domanda a questo punto sorgeva spontanea: è possibile dare una rappresentazione sufficientemente esaustiva del monumento utilizzando schemi di rappresentazione classici, altrimenti, è corretto dare rappresentazione per parti del paramento esterno di un edificio

cilindrico, o comunque di un corpo che rappresenta un unicum?

La risposta al quesito si presentava tutt'altro che facile, poiché andavano analizzati diversi aspetti della questione. In primo luogo risultava necessario ribadire che in questa sperimentazione la rappresentazione, oggetto delle nostre considerazioni, doveva essere 2D. In secondo luogo era necessario comprendere a quale utilizzo sarebbe stata destinata la restituzione bidimensionale del rilievo. Ed infine dovevano essere analizzate le alternative e la loro utilità nell'uso supposto.

Un rilievo così denso di informazioni sarebbe risultato coerente, solo quando lo si fosse utilizzato per la verifica e la catalogazione dello stato di conservazione di un monumento: la sua restituzione sarebbe così stata funzionale allo scopo. La rappresentazione totale dell'edificio in questione, pertanto, avrebbe potuto essere eseguita secondo tre modalità: la prima, che definiremmo classica, attraverso una semplice proiezione ortogonale dell'intero edificio secondo i piani di proiezione, che per convenzione immagineremmo paralleli ad ognuna delle quattro porte del Battistero. Questa soluzione presentava, tuttavia, grandi quantità di superfici in forte scorcio e pertanto avrebbe reso vana la possibilità di misurare superfici con sufficiente approssimazione disperdendo inoltre molte delle informazioni metriche raccolte nel rilievo.

La seconda modalità rappresentativa avrebbe potuto essere quella di svolgere il paramento cilindrico del Battistero; ma per effettuare questa operazione sarebbe occorso eseguire le restituzioni in vera grandezza, operazione resa molto complessa dal ricco apparato decorativo e dalle particolarità morfologiche del monumento.

Rimaneva infine da determinare un'ultima soluzione di rappresentazione, quella per parti, semmai valutando l'opportunità di definire una strategia per la realizzazione di un quadro complessivo del paramento.

La soluzione di dividere il quadro restitutivo secondo l'appartenenza ad ognuno dei tre ordini risultava la più coerente, risolvendo tuttavia solo una parte del problema, poiché rimaneva da affrontare la suddivisione dei vari elementi architettonici in elementi architettonici primi, che fossero in grado di fornire una dettagliata rappresentazione, quanto più vicina possibile alla vera grandezza. Pertanto, anche capace di esprimere misure lineari e superfici prossime al vero.

Suddividere il paramento esterno del Battistero in appropriati elementi architettonici, presumeva tuttavia la formulazione di un'accurata analisi sulla morfologia e sulla geometria del monumento.

Potremmo, quindi, in questa sede sintetizzare la dissezione ritenendo il monumento come suddiviso in tre fasce orizzontali che corrispondono ai tre ordini sovrapposti che lo costituiscono. La prima fascia, relativa al primo ordine è composta da due registri sovrapposti di forma cilindrica: il primo corrisponde alle arcate cieche, il secondo, avanzato di circa 35 centimetri corrisponde alla fascia cilindrica continua che incornicia le arcate; le arcate cieche sono a loro volta intervallate da semicolonne; infine, le quattro porte sono costruite su superfici piane.

La seconda fascia corrispondente al secondo ordine è disposta su due registri: la parete cilindrica ed il colonnato avanzato di circa 50 centimetri; le vimperghe, che sovrastano il colonnato, sono parallele ai capitelli della colonna centrale, mentre le due colonne ai lati assieme ai pinnacoli, hanno un diverso allineamento.

La terza fascia, quella morfologicamente più semplice con la sua pianta poligonale, già suggeriva la suddivisione dell'icosagono nei suoi venti lati. Le sperimentazioni sulla



scelta dei piani di proiezione dei vari elementi architettonici in cui suddividere l'intero monumento sono state condotte scegliendo di valutare i singoli ordini, i registri e le singole parti dell'edificio nelle loro sezioni orizzontali, poiché è stato ritenuto che fossero le più significative per analizzare l'andamento dell'edificio.

Per analizzare le problematiche relative al primo ordine, abbiamo cominciato con il risolvere il caso più semplice ovvero i portali: la pianta di questi elementi si presenta come una successione di piani di varia profondità partendo dal più arretrato, da quello della porta per giungere ai basamenti delle semicolonne. In questo caso la proiezione in vera grandezza su di un piano parallelo ha risolto egregiamente il problema. Diverso invece è il discorso per la geometria delle arcate cieche, poiché ci si è trovati di fronte ad un elemento con pianta curvilinea. In prima istanza si è iniziato a studiare la geometria della pianta dell'arcata, riconducibile ad un arco di cerchio, il cui scarto quadratico medio rispetto alla figura ideale è decisamente molto ridotto presentando valori medi intorno a 0,0001; altra condizione da verificare, invece, è stata la differenza fra lo sviluppo dell'arco e la sua corda, quest'ultima parallela al piano di proiezione dell'arcata cieca. Il valore della proiezione in vera grandezza dell'arco, corrispondente alla sua corda, è stato misurato con valori medi attorno al 99,65% dello sviluppo curvo effettivo, ed in termini assoluti la corda (proiezione) è risultata più corta di circa 1,8 centimetri rispetto al suo arco. I suddetti valori di approssimazione ci hanno confortato, poiché vanno considerati assolutamente in linea con le tolleranze d'errore ammesse per le restituzioni in scala 1:50, convenzionalmente utilizzata per la rappresentazione di questo tipo di edifici.

Dovevamo comprendere inoltre se le semicolonne che affiancano e scandiscono le arcate dovessero essere rappresentate assieme a queste o avere invece diversa rappresentazione. Siamo stati, anche in questo caso, aiutati dalla geometria dell'elemento, in quanto il basamento di ogni colonna è di pianta rettangolare, il suo lato lungo è perpendicolare al raggio (della circonferenza ideale che descrive la pianta dell'edificio) passante per il suo punto medio ed appartiene ad un piano di proiezione, sensibilmente diverso da quello di entrambe le arcate cieche che divide.

Infine rimaneva il secondo registro ovvero quello relativo alla fascia cilindrica continua che incornicia le arcate. Considerando la perfezione e la perizia costruttiva dell'edificio, caratterizzata dalla estrema regolarità delle superfici rispetto alla figura geometrica ideale, avremmo potuto pensare di optare per lo svolgimento della superficie del cilindro, ma questa soluzione avrebbe disarticolato la parete esterna cilindrica rispetto agli altri elementi vicini, arcate cieche, semicolonne e colonne dell'ordine superiore. Per contro la loro proiezione in vera grandezza sullo stesso piano dell'arcata cieca corrispondente, avrebbe consentito di mantenere saldi i legami con gli elementi limitrofi, considerate anche le modeste e più che soddisfacenti approssimazioni delle proiezioni degli archi sulle corde ed i piani corrispondenti.

Il secondo ordine molto diverso dal precedente, presenta in primo piano sessanta colonne la cui base, come nel caso delle semicolonne del primo ordine si presenta con il lato esterno perpendicolare al raggio (dell'edificio) passante per il suo punto medio; questa condizione fa sì che ogni piedritto abbia il basamento orientato diversamente dagli altri. Inoltre si doveva considerare che i timpani delle vimperghe, il cui passo è di due archetti, sono orientati a loro volta sul basamento della colonna centrale. Tale configurazione ha suggerito di suddividere il registro secondo questi piani di proiezione: uno orientato sul basamento della colonna centrale contenente anche le vimperghe ed un ulteriore piano

per ciascuna delle colonne laterali con i relativi pinnaccoli. Infine il per quanto riguarda la parete cilindrica in secondo piano, visti gli ormai più che soddisfacenti parametri di approssimazione della proiezione piana, è stato ritenuto che la porzione di parete compresa fra le due arcate fosse associata al piano di proiezione delle vimperghe.

La pianta poligonale del terzo ordine suggeriva invece la suddivisione in venti piani di proiezione corrispondenti ai lati dell'icosagono; in considerazione del fatto che la superficie di ogni lato non si presentava estremamente complessa, soprattutto perché non vi erano elementi con particolari aggetti e tutto si riconduceva ad una semplice proiezione in vera grandezza del lato del poligono.

Nel formulare la discussione relativa all'ipotesi restitutiva, è stata ritenuta significativa, nonché decisiva la condizione che per la restituzione di una singola arcata cieca risultasse accettabile l'approssimazione generata dalla proiezione di una porzione di curva di ampio raggio su di un piano parallelo alla sua corda, e di come questa condizione potesse essere ritenuta valida anche per le altre porzioni curva di corda e raggio simili. Tale considerazione ha portato a ritenere che questa metodologia fosse, pertanto, idonea alla rappresentazione 2D di un monumento dalla complessa morfologia come quella del Battistero di Pisa.

Utilizzando il suddetto metodo, che chiameremo lineare, è stato quindi possibile ottenere un accurato filo di ferro delle arcate cieche, comprese le finestrate al centro e le cornici ai lati. Per un'ulteriore approfondimento abbiamo confrontato i risultati del nostro lavoro con il fotoraddrizzamento delle arcate cieche realizzato utilizzando un software appositamente messo a punto per lo sviluppo di superfici curve, constatando che il risultato fra le due modalità operative si discostava di pochissimo, circa 15 millimetri, ma riscontrando anche che nel fotoraddrizzamento vi erano evidenti e significativi problemi per tutte le superfici poste su di un piano diverso da quello appartenente alla parete curva. Questa ulteriore osservazione ci ha indotto a ritenere che il metodo di rappresentazione detto "lineare", potesse essere quello più ed adeguato per rispondere alle necessità del nostro rilievo, che come già detto, era finalizzato ad eseguire indagini e mappature sullo stato di conservazione del monumento.

Gli ortofotopiani, anche questi assai complessi, sono stati eseguiti con un sistema che consentiva un elevato controllo dell'operatore, effettuando la calibrazione delle immagini fotografiche sul filo di ferro e sulle rasterizzazioni delle proiezioni in vera grandezza, estratte dalla nuvola di punti e relative ai singoli elementi architettonici.

Si è così ottenuto un rilievo molto affidabile sotto il profilo metrico e della qualità restitutiva, ma estremamente frammentato. Risultava pertanto necessario un ulteriore sforzo per dare al lavoro un'organizzazione razionale ed ordinata; ovvero per creare un catalogo di facile comprensione e consultazione.

Il regesto è stato strutturato secondo la successione dei vari ordini, al loro interno suddivisi negli elementi architettonici primi di rappresentazione, individuati secondo la trattazione sopra espressa e di seguito ricapitolato:

Il Battistero di San Giovanni a Pisa è ripartito in tre livelli principali, corrispondenti ai tre ordini:

Il primo livello o ordine si divide in altri tre elementi: arcate, colonne e secondo registro ovvero fascia cilindrica suddiviso a sua volta in venti porzioni.

Il secondo livello presenta colonnine con pinnaccoli e colonnine sovrastate da vimperghe che si alternano davanti al paramento continuo cilindrico

Il terzo livello è costituito da bifore sovrastate da timpani e separate da lesene angolari. Analizzando le parti che compongono il paramento, la facciata risulta scomposta in sette categorie di elementi con caratteristiche omogenee. Il Battistero di San Giovanni a Pisa appare quindi costituito da:

quattro portali; sedici arcate cieche; venti semicolonne o complessi di colonne; venti porzioni del secondo registro del primo ordine; trenta colonnine con pinnaccoli; trenta edicole poste sopra a colonnine; venti lati contenenti bifore dell'ultimo ordine.

La trattazione di questa mole di dati poneva tuttavia un problema di gestione che poteva essere affrontato solo utilizzando un database opportunamente strutturato.

Per concludere, la realizzazione di questa banca dati è risultata pertanto più semplice ed agevole da utilizzare quando la si è dotata di un'efficace quadro d'insieme, in grado di ben rappresentare ed individuare i singoli elementi architettonici nella globalità del rilievo.

### Note

<sup>1</sup>Utilizzato per la prima volta da Gabriele D'Annunzio nel suo romanzo del 1910 FORSE CHE SÌ, FORSE CHE NO nel quale scrive: «L'Ardea roteò nel cielo di Cristo, sul prato dei Miracoli. ».

<sup>2</sup>Per i cenni storici è stato consultato: P. Sanpaolesi 1974 - P. Sanpaolesi , Il Duomo di Pisa e l'architettura romanica toscana delle origini - Pisa

<sup>3</sup>San Giuliano Terme, località situata ai piedi dei monti pisani ed al margine dell'omonima pianura, in cui sono ancora presenti molte cave e da cui provenivano gran parte dei materiali lapidei necessari alla costruzione del complesso di Piazza dei Miracoli.

<sup>4</sup>DIAPReM (Development of Integrated Automatic Procedures for Restoration of Monuments) Centro Dipartimentale per lo Sviluppo di Procedure Automatiche Integrate per il Restauro dei Monumenti, del Dipartimento di Architettura dell'Università degli Studi di Ferrara, diretto da Marcello Balzani, rappresentava all'epoca del rilievo (2002) uno dei centri all'avanguardia per il rilievo laser scanner 3D.

<sup>5</sup>Per "zone d'ombra o coni d'ombra o zone occluse" si intendono quelle porzioni di edificio che non vengono raggiunte dal raggio laser, perché occluse da un qualsiasi corpo che si frappone fra lo strumento stesso e la superficie da misurare. Negli strumenti di prima generazione le zone di occlusione erano abbastanza frequenti poiché la capacità operativa delle strumentazioni era limitata, in quanto avevano un campo di ripresa modesto, circa 40° x 40° e la loro lentezza obbligava a delle scelte per limitare il numero delle scansioni.

<sup>6</sup>G. Verdiani, 2003, Il Battistero di Pisa: rilievo e rappresentazione digitale tra ricerca e innovazione, tesi di dottorato di ricerca in Rilievo e rappresentazione dell'Architettura e dell'Ambiente, XV ciclo, Firenze, 2003.

<sup>7</sup>G. Pancani, 2005, I Quartieri Estivi di Palazzo Pitti, gestione di una banca dati di rilievo integrato, tesi di dottorato di ricerca in Rilievo e rappresentazione dell'Architettura e dell'Ambiente, XVIII ciclo, Firenze, 2005.

<sup>8</sup>G. Pancani, 2011, Lo svolgimento in vera grandezza delle volte affrescate delle sale dei quartieri al piano terreno di Palazzo Pitti a Firenze, in Il Disegno delle trasformazioni, atti delle Giornate di Studio, Napoli 1-2 dicembre 2011, Clean Edizioni, Napoli, 2011.

<sup>9</sup>Il rilievo di porzione della facciata principale del Palazzo di Caterina fu un'esperienza molto interessante per la messa a punto delle metodologie di restituzione, in quanto presentava una facciata molto decorata con grandi aggetti sostenuti da cariatidi, che rendeva indispensabile un'appropriata metodologia di restituzione e di realizzazione degli ortofotopiani. Tesi di laurea di Tommaso Rossini, Ekaterina a Pushkin. Metodologie di rilievo per la facciata della reggia di Santa Caterina a san Pietroburgo, relatore Prof. Stefano Bertocci, correlatore Arch PhD Giovanni Pancani.

<sup>10</sup>I disegni qui presentati sono estratti dalla Tesi di Laurea, Metodologie di documentazione dei paramenti esterni del Battistero di Pisa, laureanda Silvia Barducci relatore Prof. Stefano Bertocci, correlatori Arch PhD Giovanni Pancani, Ing. Giuseppe Bentivoglio, Prof. Giovanni Anzani.

<sup>11</sup>«Con il termine registrazione si intende la rototraslazione di tutte le scansioni in un unico sistema di riferimento», F. Rinaudo, F. Rinaudo, La tecnica laser scanning: applicazioni architettoniche e urbanistiche, in La tecnica del laser scanning: teoria e applicazioni, a cura di Fabio Crosilla e Riccardo Galetto, Udine, 2003, pp. 134-136

<sup>12</sup>Per la trattazione degli aspetti restituitivi del rilievo sono stati consultati i seguenti testi: M. Bini S. Bertocci 2012 - M. Bini S. Bertocci, Manuale di rilievo architettonico e urbano, Novara, De Agostini Scuola S.p.A., 2012.

M. Docci, D. Maestri 2010 - M. Docci, D. Maestri, Manuale di rilevamento architettonico e urbano, Laterza Bari, 2010.

U. Saccardi 1995 - U. Saccardi, Applicazioni della geometria descrittiva, LEF, Firenze 1995.

<sup>13</sup>Per filo di ferro si intende il disegno al CAD relativo alla rappresentazione 2D

<sup>14</sup>G. Anzani, Lo sviluppo delle superfici voltate dell'Oratorio di San Pellegrino a Bominaco, in S. Bertocci, S. Parrinello (a cura di), in Architettura Eremitica, Sistemi progettuali e paesaggi culturali. Convegno internazionale di studi, Atti del II° Convegno internazionale di Studi, Vallombrosa 24-25 settembre 2011, Firenze, Edifir, 2011, pp. 224-233.

<sup>15</sup>«Con il termine rasterizzazione si intende il processo di discretizzazione che consente di trasformare una primitiva geometrica definita in uno spazio continuo 2D nella sua rappresentazione discreta, composta da un insieme di pixel di un dispositivo di output» R. Scateni, P. Cignoni, C. Montani e R. Scopigno, Fondamenti di Grafica Tridimensionale Interattiva, McGrawHill Italia, Milano, 2005.



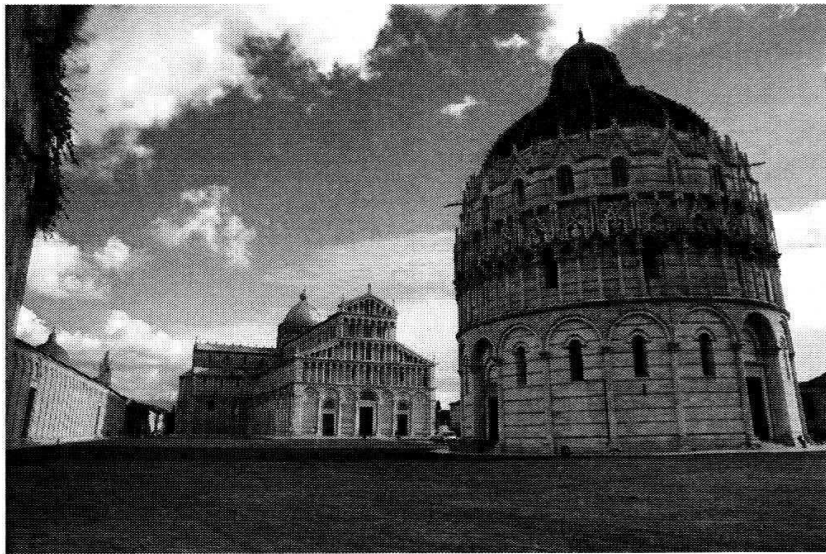


Fig 1 - Pisa Piazza dei Miracoli, una delle stupefacenti profondità visive che caratterizzano la piazza.

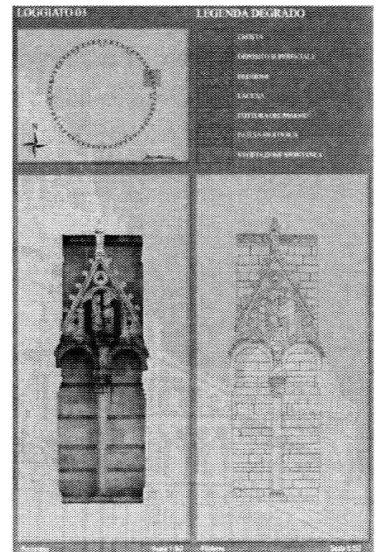


Fig 4 - Rappresentazione al filo di ferro e ortofotopiano di un elemento architettonico del secondo ordine.

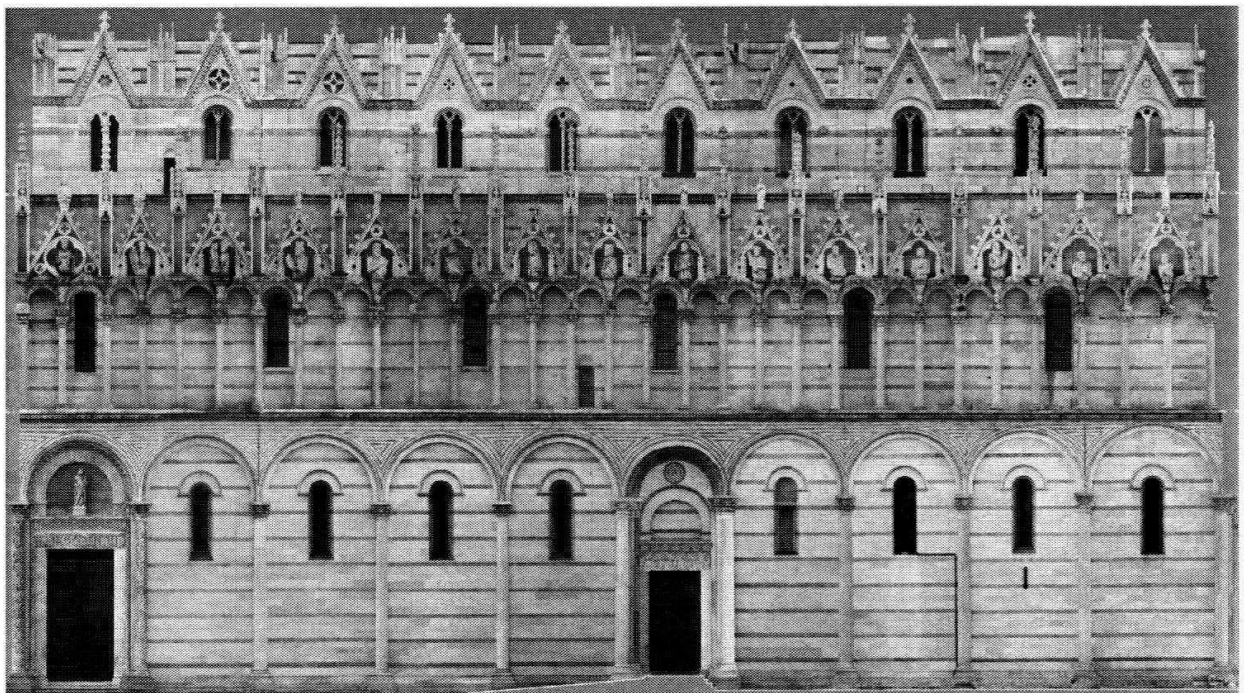


Fig 5 - Quadro d'insieme del paramento del Battistero di Pisa.