

Colloqui.AT.e 2016

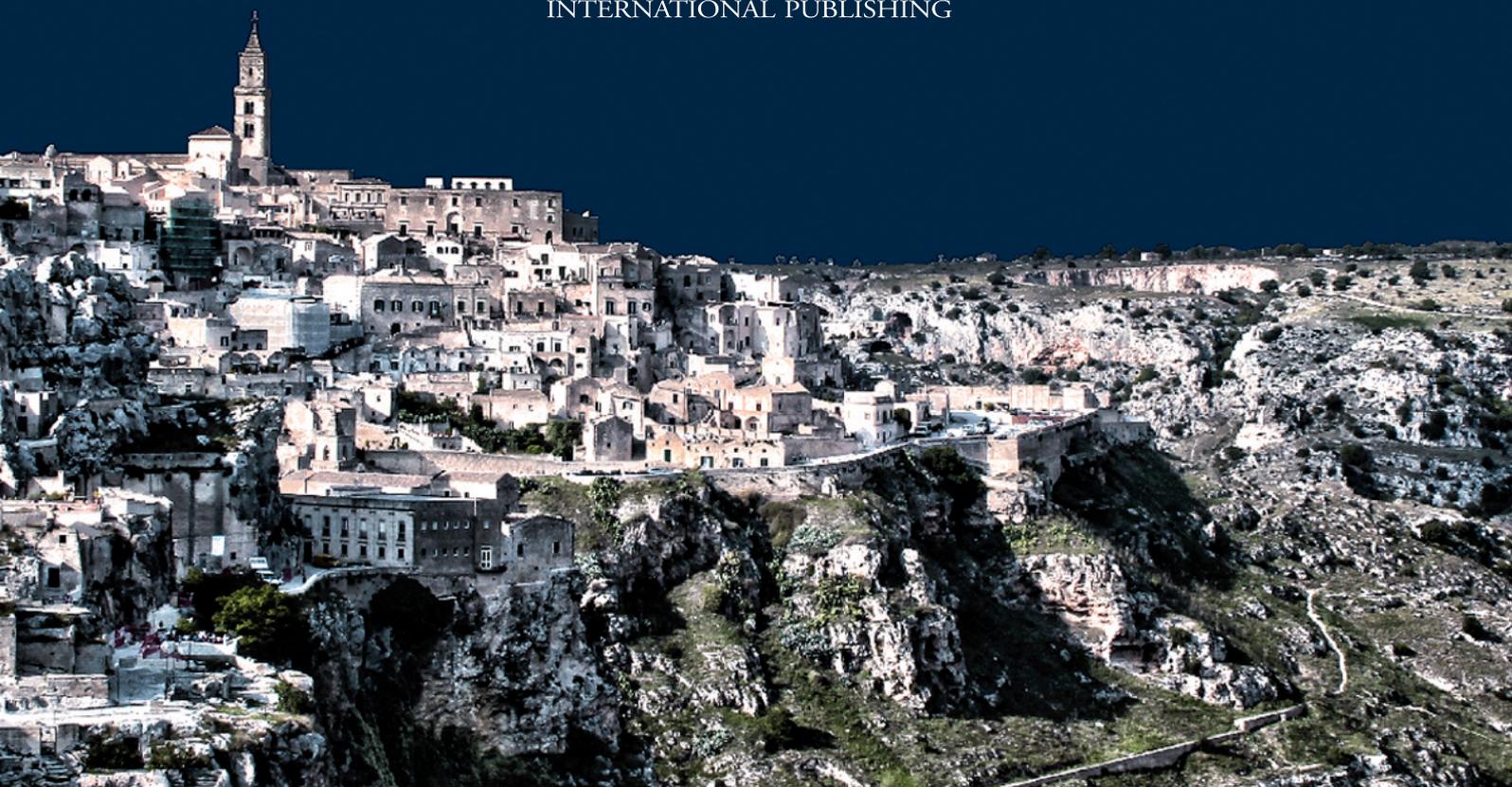
MATER(i)A

Materials | Architecture | Technology
Energy/Environment | Reuse
(Interdisciplinary) | Adaptability

a cura di
Antonella Guida
Antonello Pagliuca



GANGEMI EDITORE[®]
SpA
INTERNATIONAL PUBLISHING



La presente pubblicazione è stata valutata con il metodo della *double blind peer review* da esperti nel campo dell'architettura e del recupero.

Tale metodo è stato scelto per prevenire la diffusione di risultati irrilevanti o interpretazioni scorrette.

La commissione di valutazione è composta dai membri del comitato scientifico.

La redazione ringrazia tutti coloro che hanno contribuito, con il loro lavoro, al Convegno Colloquiate2016 e dato l'autorizzazione per la pubblicazione.

I curatori, l'editore, gli organizzatori ed il Comitato Scientifico non possono essere ritenuti responsabili né per il contenuto né per le opinioni espresse all'interno degli articoli.

Inoltre gli autori hanno dichiarato che i contenuti delle comunicazioni sono originali.

Volume a cura di

A. GUIDA E A. PAGLIUCA

Collaboratore

V. D. PORCARI

©

Proprietà letteraria riservata

Gangemi Editore spa

Piazza San Pantaleo 4, Roma

www.gangemieditore.it

Nessuna parte di questa pubblicazione può essere memorizzata, fotocopiata o comunque riprodotta senza le dovute autorizzazioni.

Le nostre edizioni sono disponibili in Italia e all'estero anche in versione ebook.

Our publications, both as books and ebooks, are available in Italy and abroad.

ISBN 978-88-492-3312-4

Colloqui.AT.e 2016

MATER(i)A

Materials | Architecture | Technology
Energy/Environment | Reuse
(Interdisciplinary) | Adaptability

a cura di
Antonella Guida e Antonello Pagliuca

MATERA 12 | 13 | 14 | 15 OTTOBRE

L'evento **Colloqui.AT.e 2016** è realizzato con il sostegno di:



L'evento **Colloqui.AT.e 2016** è organizzato da:



L'evento **Colloqui.AT.e 2016** è realizzato con il patrocinio di:



INDICE

PRESENTAZIONE

ANTONELLA GUIDA, ANTONELLO PAGLIUCA (Organizzative Board)

SALUTI

AURELIA SOLE (Rettrice Unibas)

FERDINANDO F. MIRIZZI (Direttore DiCEM)

INTRODUZIONE

MARCO D'ORAZIO (Presidente Ar.Tec.)

SESSIONE A BUILDING PERFORMANCE

Bellintani Stefano, Ciaramella Andrea

UN MODELLO DI RATING PER I PRODOTTI EDILIZI

Ciaramella Andrea, Bellini Oscar E., Bellintani Stefano, Del Gatto Maria Luisa

DALLA PROGETTAZIONE ALLA GESTIONE DI RESIDENZE PER STUDENTI: UN APPROCCIO INTEGRATO

Salvalai Graziano, Pizzi Emilio, Iannaccone Giuliana, Sesana Marta M.

LA RIQUALIFICAZIONE ENERGETICA DELL'INVOLUCRO EDILIZIO ATTRAVERSO
UN SISTEMA ISOLANTE COMPOSITO. MESSA IN OPERA E MISURA DELLE PRESTAZIONI

Sciuto Gaetano, Di Leo Salvatore

ARCHITETTURA DELLA SOTTRAZIONE. VALUTAZIONE DEI BENEFICI ENERGETICI ED ECONOMICI

Gianangeli Andrea, Cozzolino Nikita, Ippoliti Elena, Di Giuseppe Elisa, D'Orazio Marco

DEGRADO DI STRUTTURE LIGNEE IN EDIFICI STORICI: EFFETTI DELL'USO DI ISOLANTI
CAPILLARMENTE ATTIVI PER IL RETROFIT ENERGETICO

Leccisi Fabrizio, Nicoletta Maurizio, Nisticò Francesca P., Scognamillo Claudio, Morosini Rosa

LA DETERMINAZIONE IN FASE DI PROGETTO DELLA DURATA DEI LAVORI DI UNA NUOVA
COSTRUZIONE

Nicoletta Maurizio, Scognamillo Claudio

CRITERI PER IL MONITORAGGIO NEI "MODELLI MISTI" DI MANUTENZIONE
DEL PATRIMONIO EDILIZIO

Naspi Federica, Stazi Francesca, D'Orazio Marco

ANALISI DELL'INTERAZIONE TRA UTENTI E FINESTRE IN UNA SCUOLA ITALIANA.
RISULTATI DA UN CASO DI STUDIO

Cavaliere Carmine, Dell'Osso Guido R., Pierucci Alessandra

L'APPROCCIO LCA NEI LIVELLI DI SVILUPPO (LOD) BIM

De Vecchi Antonio, Colajanni Simona

ISOLAMENTO TERMICO: DAL RICICLO ALL'INNOVAZIONE

Iannone Francesco, Depascale Cosimo, Lionetti Michele

SISTEMI DI VENTILAZIONE CONTROLLATA IN EDIFICI NZEB IN CLIMA MEDITERRANEO

Caldera Carlo, Casarella Angela, Fantilli Alessandro P., Garda Emilia, Mangosio Marika

PRESTAZIONI DEL "BAMBOO REINFORCED CONCRETE"

Dell'Osso Guido R., Iannone Francesca, Favia Antonio, Lorusso Chiara

ATTRIBUTI DI VITA UTILE NEL BIM: COMPATIBILITÀ TRA COMPONENTI EDILIZI E IMPIANTISTICI

Baiardi Liola

IL PROCESSO STRATEGICO DELLE ATTIVITÀ DI VALORIZZAZIONE DEGLI IMMOBILI

Bernardo Graziella, Palmero Luis

MATERIALI NANOTECNOLOGICI PER LA MANUTENZIONE DELLE SUPERFICI ESTERNE

Alaimo Giuseppe, Corrao Rossella, Enea Daniele, Morini Marco

SBSKIN SOLAR GB: DURABILITÀ DI UN VETROMATTONONE INTEGRATO CON CELLE SOLARI DI TERZA GENERAZIONE

Desogus Giuseppe

CONFRONTO PRESTAZIONALE FRA MURATURE IN LATERIZIO E IN TERRA CRUDA ACCOPPIATE CON MATERIALI ISOLANTI LOCALI

SESSIONE A-D BUILDING PERFORMANCE-MATER(i)A

Figliola Angelo

ARCHITETTURA PERFORMATIVA: IL RUOLO DELLE NUOVE TECNOLOGIE PER UN NUOVO CONCETTO DI RESPONSABILITÀ

Sciuto Gaetano, La Verde Oriana, Marino Manuela

LA CASA MOBILE: ESIGENZE, PRESTAZIONI E REQUISITI PER SOLUZIONI ABITATIVE TEMPORANEE

Morini Marco

ARCHITETTURA E FOTOVOLTAICO: STRATEGIE E CRITERI D'INTEGRAZIONE

Eledeisy Mohamed, Cecere Carlo

LA RIQUALIFICAZIONE ENERGETICA DELL'EDILIZIA RESIDENZIALE

Di Giuda Giuseppe M., Villa Valentina, Tagliabue Lavinia C., Ciribini Angelo L. C.

"INNOVAZIONE DI PROCESSO: USO DEI MODELLI INFORMATIVI PER L'OFFERTA ECONOMICAMENTE PIÙ VANTAGGIOSA"

SESSIONE B BUILDING AND DESIGN TECHNIQUES

Meoli Federica

PROPOSTE METODOLOGICHE NELLA PROGETTAZIONE DELL'OSPEDALE

Pizzi Emilio, Ruttico Pierpaolo

FABBRICAZIONE DIGITALE E "MASS CUSTOMIZATION"

Achenza Maddalena

DEFINIZIONE ED ANALISI DI UN PROTOTIPO EDILIZIO SOSTENIBILE

Sciuto Gaetano, Corsaro Sonia, Marino Manuela

NUOVI MODELLI PER L'ABITARE: DALL'EDILIZIA POPOLARE ALLA SOCIAL HOUSING

Di Giuseppe Elisa, Iannaccone Monica, Telloni Martina, Quagliarini Enrico, D'Orazio Marco
SVILUPPO DI UNA METODOLOGIA PROBABILISTICA PER VALUTAZIONI LCC
DI INTERVENTI DI RETROFIT DI EDIFICI

Gatti Maria Paola, Cacciaguerra Giorgio
LA RI-GENERAZIONE COME RISPOSTA ALLA SOSTENIBILITÀ URBANA E ARCHITETTONICA

Vite Clara
METODI DI OTTIMIZZAZIONE APPLICATI ALLE FACCIATE VETRATE

Corrao Rossella, Morini Marco
MIGLIORAMENTO TECNOLOGICO PRESTAZIONE DI UN COMPONENTE INNOVATIVO
PER L'INVOLUCRO EDILIZIO

Franco Francesca, Garda Emilia, Mangosio Marika
RIFLESSIONI PROGETTUALI SULL'UMANIZZAZIONE DELLA CURA. LE CORBUSIER
E IL PROGETTO PER L'OSPEDALE DI VENEZIA

Evola Gianpiero, Margani Giuseppe
CASE UNIFAMILIARI A ENERGIA QUASI ZERO IN CLIMA MEDITERRANEO:
CRITERI PROGETTUALI

Loddo Gianraffaele, Gatto Gianluca
VETRI ELETTROCROMICI: CONNESSIONI NEI TELAI MOBILI

Conte Emilia
ICT E DISABILITÀ: POTENZIALITÀ PER IL PROGETTO DELLO SPAZIO COSTRUITO ACCESSIBILE

Ausiello Gigliola, Bernardi Matteo
MATERIALI NATURALI E DI RICICLO NEL PROGETTO DELL'INVOLUCRO EDILIZIO

Lucchini Angelo, Mazzucchelli Enrico, Stefanazzi Alberto, Tattoni Sergio
ASPETTI STRUTTURALI DEI RIVESTIMENTI DI FACCIATA

Caldera Carlo, Gianfreda Fabrizio, Manzone Fabio, Troiano Domenico
SOLUZIONI TECNOLOGICHE DI ASSEMBLAGGIO E MONTAGGIO DEL SISTEMA INNOVATIVO
PANNELLO PER L'EDILIZIA

Minutoli Fabio
IL CURTAIN WALL FOTOVOLTAICO. UN ESPEDIENTE PER IL RESTYLING DEL COSTRUITO

Fiamma Paolo
GENERAZIONE Z: INCREMENTARE O ESTENDERE IL PARADIGMA BIM?

Cascone Stefano
ANALISI E PROGETTO DI FACCIATE CONTINUE A CELLULA

Mollo Luigi, Agliata Rosa, Ruberti Daniela, Vigliotti Marco
PRIMI RISULTATI DELL'APPLICAZIONE DEL T-GIS COME STRUMENTO OPERATIVO
PER LA RIGENERAZIONE EDILIZIA

Cristiano Mario
BIOMINERALIZZAZIONE, APPLICAZIONI PER LE COSTRUZIONI – RASSEGNA
DELLA LETTERATURA SCIENTIFICA

Fumo Marina, Vigliotti Roberto
CARATTERI DI MEDITERRANEITÀ NELL'ARCHITETTURA MODERNA: LUIGI COSENZA

Mainini Andrea G, Poli Tiziana
TRASMITTANZA SOLARE ANGOLARE DI SISTEMI ALTERNATIVI DI SCHERMATURA SOLARE

SESSIONE B-D BUILDING AND DESIGN TECHNIQUES- MATER(i)A

Giampaoli Margherita, Terlizzi Vanessa, Munafò Placido

RISULTANZE DI UN PROCESSO DI INDUSTRIALIZZAZIONE DI UN'IDEA BREVETTUALE:
FINESTRA DI SOLO VETRO SENZA TELAIO "FULL GLASS"

Vassale Marco

BIM-M, CRITICITÀ E STRATEGIE PER L'IMPLEMENTAZIONE DI APPROCCI INNOVATIVI
NEGLI APPALTI PUBBLICI

Marras Francesco

TECNOLOGIE PER LA GESTIONE DELL'ACQUA. NUOVI APPROCCI
AL PROGETTO DEI CONTESTI DEBOLI

Sciuto Gaetano, Riccioli Marco, Marino Manuela

LA CASA IN PAGLIA. SOSTENIBILITÀ ENERGETICA ED ECONOMICA

Perra Aurora

TECNOLOGIE ADATTIVE NEI PROCESSI DI COSTRUZIONE DEI BORDI URBANO-RURALI

Cadoni Stefano

SPESSORE E INTERFASI: IL METABOLISMO DELLA MASSA

Prati Davide, Signorello Matilde, Gulli Riccardo

SOLUZIONI TECNICHE INNOVATIVE PER IL MIGLIORAMENTO PRESTAZIONALE DI SOLAI IN LEGNO

Rodonò Gianluca, Sapienza Vincenzo

COPERTURE RESPONSIVE PER SITI ARCHEOLOGICI

Buane Mariangela, Fumo Marina, Caputo Domenico

MATERIE PLASTICHE E SECONDA VITA

Tagliabue Lavinia C., Di Giuda Giuseppe M., Villa Valentina, De Angelis Enrico, Ciribini Angelo L.

VALUTAZIONE PARAMETRICA DELLE PRESTAZIONI ENERGETICHE, AMBIENTALI
ED ECONOMICHE DI SISTEMI DI INVOLUCRO

SESSIONE C BUILDING HERITAGE

Giannetti Ilaria

"INDUSTRIALIZZAZIONE TRADIZIONALE", UN'ALTERNATIVA ITALIANA:
IL SISTEMA STRUCTURAPID DI LEON BATTISTA GABURRI

Bernardini Gabriele, Quagliarini Enrico, D'Orazio Marco

"BEHAVIOURAL DESIGN" PER LA SICUREZZA DELLE PERSONE NEGLI EDIFICI STORICI:
VALUTAZIONE DI UN SISTEMA DI GUIDA INTELLIGENTE PER L'ESODO
ANTINCENDIO IN UN TEATRO

Vittorini Rosalia, Capomolla Rinaldo

ARCHITETTURA E COSTRUZIONE DELLE COLONIE CLIMATICHE NELL'ITALIA FASCISTA.
LA QUESTIONE DEL CONTROLLO AMBIENTALE

Paolini Cesira, Pugnaletto Marina

L'USO DEI BLOCCHI IN LATERIZIO NELLE COSTRUZIONI VOLTATE.

Sanna Antonello, Monni Giueppina

IL QUARTIERE DI SANT'ELIA A CAGLIARI TRA PROGETTO E COSTRUZIONE

Malighetti Laura E., Salvalai Graziano, Luchini Leopoldo, Girola Sara

SVILUPPO DI UN METODO PER LA RIQUALIFICAZIONE ENERGETICA DEL PARCO EDILIZIO SCOLASTICO DELLA CITTÀ DI LECCO"

Fiandaca Ornella, Grassi Adriano, Lo Surdo Flavia

UN INCENERITORE SUI RESTI DELLA REAL CITTADILLA A MESSINA:
ERESIA VS ORTODOSSIA

Di Giovanni Gianni

IL RECUPERO DEI PARAMENTI MURARI A FACCIA-VISTA NEL CENTRO STORICO DELL'AQUILA

Mele Caterina

LA SFIDA DELLA SOSTENIBILITÀ E LA RIQUALIFICAZIONE DEL PATRIMONIO URBANO ED EDILIZIO

Cuboni Fausto, Cannas Leonardo G.F.

"ANATOMIA" DI UN QUARTIERE: MATERIALI PER IL MANUALE DI RECUPERO DEL CASTELLO DI CAGLIARI

Sanna Antonello, Cuboni Fausto

IL "MODO DI COSTRUIRE" NEOCLASSICO. GAETANO CIMA: UN ARCHITETTO-INGEGNERE POLITECNICO NELLA CAGLIARI DELL'800

Scibilia Federica

LE COSTRUZIONI ANTISISMICHE IN CALABRIA TRA LA FINE DELL'OTTOCENTO E L'INIZIO DEL NOVECENTO

Fumo Marina, Ausiello Gigliola, Castelluccio Roberto, Buanne Mariangela,

Di Nardo Luisa, Vitiello Veronica

CRITERI TECNICO-SCIENTIFICI PER GLI INTERVENTI SULL'ARCHITETTURA ED IL PAESAGGIO RURALE: LINEE GUIDA PILOTA DALLA CAMPANIA

Sanjust Paolo

LO STUDIO DELLE "TRADIZIONI DEL MODERNO" ATTRAVERSO GLI ARCHIVI DI ARCHITETTURA DEL '900

Basti Antonio, Antosa Laura

RECUPERO E VALORIZZAZIONE DEL PATRIMONIO PUBBLICO

Giacconi Emanuele, Bouchaib Ech Chabbi

RECUPERO E VALORIZZAZIONE DEI TRULLI (PUGLIA), ESEMPI ANCESTRALI DI BIOEDILIZIA

Atzeni Carlo

IL MANUALE DEL RECUPERO DELLA CASBAH DI DELLYS IN ALGERIA

Guardigli Luca, Mochi Giovanni, Prati Davide

INDAGINE SULLA COSTRUZIONE DELLE CAPRIATE LIGNEE A BOLOGNA TRA IL XVI E IL XVII SECOLO

Strazza Nicola, Valcovich Edino, Cechet Giovanni, Stival Carlo Antonio, Berto Raul

RECUPERO E RIQUALIFICAZIONE ENERGETICA DEL PATRIMONIO EDILIZIO NEL PORTO VECCHIO DI TRIESTE

Garda Emilia, Mangosio Marika, Patta Corrado

LE CARCERI GIUDIZIARIE OTTOCENTESCHE DI GIUSEPPE POLANI.
CONTRIBUTI PROGETTUALI AL PROCESSO DI UMANIZZAZIONE DEGLI SPAZI DELLA PENA

Monni Francesco, Quagliarini Enrico, Lenci Stefano

INGEGNERIA "SU MISURA" PER IL CONSOLIDAMENTO DI UNA TORRE MEDIOEVALE IN MURATURA A SECCO

Fatta Giovanni, Campisi Tiziana, Vinci Calogero

INTERVENTI SU VOLTE SOTTILI DI MATTONI IN FOGLIO IN SICILIA

Stival Carlo Antonio, Croatto Giorgio, Valcovich Edino

PROPOSTA PER UN RECUPERO DELL'ABITAZIONE SAURANA

Gulli Riccardo, Mochi Giovanni, Semprini Giovanni, Sivo Mario

UTILIZZO DELLA TERMOGRAFIA NELL'ANALISI DEGLI APPARECCHI MURARI

Mocci Silvia

LA MASSIVITÀ DELLE ARCHITETTURE IN PIETRA DELLA MONTAGNA SARDA

Salemi Angelo, Mondello Attilio

IL RECUPERO DELLE COPERTURE DELLE GRANDI ARCHITETTURE A PIANTA CENTRALE

Lo Faro Alessandro, Salemi Angelo

ELEMENTI DI FABBRICA IN FERRO BATTUTO NELL'ARCHITETTURA TRADIZIONALE ETNEA:
DECADIMENTI E MANUTENZIONE

Vitrano Rosa Maria

PATRIMONIO STORICO SICILIANO: LE TORRI COSTIERE

Ciammitti Laura

MATERIA(LI) E FORME: L'ACCIAIO NELLA PREESISTENZA

Colapietro Domenico, Fatiguso Fabio, Pinto Marco

ANALISI E VALUTAZIONE INTERPRETATIVA DI INTRINSECHE VULNERABILITÀ PER STRUTTURE
STORICHE DALLA DIFFERENTE CONFIGURAZIONE GEOMETRICA IN PIANTA E IN ELEVAZIONE.
EVOLUZIONE DEL PROTOCOLLO ANVIV

Campisi Tiziana, Vinci Calogero

ARCHITETTURE LIGNEE PER LO SPETTACOLO TRA XVII E XVIII SECOLO A PALERMO

Castelluccio Roberto, Vitiello Veronica

ANALISI PRESTAZIONALE DEL METODO T.N.C. SULLE MURATURE IN TUFO AFFETTE DA
UMIDITÀ DA RISALITA CAPILLARE

Salemi Angelo, Moschella Angela, Mondello Attilio

RIPENSARE STRATEGIE E SOLUZIONI TECNICHE PER LA RIQUALIFICAZIONE DEL COSTRUITO:
I QUARTIERI INA-CASA A CATANIA

Currà Edoardo, Habib Emanuele

RIQUALIFICAZIONE ENERGETICA DELL'ARCHITETTURA RESIDENZIALE
POST BELLICA IN ITALIA

Sanna Antonello, Monni Gieuppina

IL PADIGLIONE MANDOLESI DELL'UNIVERSITÀ DI CAGLIARI

Guida Antonella, Lione Raffaella, Minutoli Fabio, Pagliuca Antonello

STRATEGIE PER IL DESIGN FOR ALL. TIPOLOGIE, SUPERFICI, MATERIALI, COSTI

Guida Antonella, Pagliuca Antonello, Damone Giuseppe

L'ARCHITETTURA DELLE COLONIE PER LA VILLEGGIATURA IN ITALIA DURANTE IL VENTENNIO.
LA COLONIA ELIOTERAPICA DI MATERA

Di Donato Danilo, Abita Matteo

PER UNA GEOGRAFIA DELLE ARCHITETTURE IN ACCIAIO IN ITALIA

Di Ruocco Giacomo, Sicignano Enrico, Stivanello Maria V.

L'ARCHITETTURA IN TERRA CRUDA NEI PAESI IN VIA DI SVILUPPO

Mecca Ippolita

REINTERPRETARE IL PATRIMONIO INDUSTRIALE DISMESSO

Ribera Federica, Angelillo Maurizio, De Guglielmo Fabio

CRITERI E INTERVENTI PER IL CONSOLIDAMENTO DEGLI EDIFICI IN MURATURA:
LA CHIESA DELLA PIETÀ DEI TURCHINI A NAPOLI

Masini Nicola, Liberatore Domenico, Pagliuca Antonello

IL RESTAURO STRUTTURALE COME ATTO CRITICO. IL CASO DEL ROSONE DI TROIA

Conte Antonio, Panza Maria Onorina

SEDIMENTI DI CONOSCENZA TRA PRATICA E MANUALISTICA

Catalano Agostino

MATERIALI E TECNOLOGIE INNOVATIVE PER LA CONSERVAZIONE
DEL COSTRUITO STORICO IN ZONA SISMICA

Margani Giuseppe

STRATEGIE D'INCENTIVAZIONE PER LA RIQUALIFICAZIONE SISMICO-ENERGETICA

SESSIONE C-D BUILDING HERITAGE-MATER(i)A

Cardinale Tiziana

STRATEGIE SMART PER IL COMFORT DI PRODOTTI E PERSONE

Pascucci Michela, Lucchi Elena

EFFICIENZA ENERGETICA E PATRIMONIO STORICO: ANALISI E SIMULAZIONI
TERMO-IGROMETRICHE PER LA GESTIONE DEL PROGETTO

Giampaoli Margherita, Terlizzi Vanessa, Munafò Placido

UNA METODODOLOGIA PER LA RIQUALIFICAZIONE URBANA: UN'APPLICAZIONE
AL CASO DI MACERATA

Aru Federico

RAPPORTO TRA CORTE E RECINTO. PROCESSI DI TRASFORMAZIONE DEL VUOTO STORICO

Pisanu Maddalena

ARMANDO MELIS E LA SAVIGLIANO: GLI EDIFICI A STRUTTURA DI ACCIAIO
DEGLI ANNI TRENTA

Mura Claudia

TRADIZIONE E INNOVAZIONE NEL MODO DI COSTRUIRE NEGLI ANNI VENTI
E TRENTA DEL XX SECOLO AD ARBOREA (OR)

Sirigu Claudio

SPAZIALITÀ DELLA TECNICA, TECNICA DELLO SPAZIO. TECNICHE DI OCCUPAZIONE
DI SUOLO E SPAZIO DEL MARGINE URBANO

Santi Maria Vittoria

INTERVENIRE SULL'INVOLUCRO: IL RIUSO E LA TRASFORMAZIONE DEGLI EDIFICI INDUSTRIALI

Mondello Attilio

TORRI CAMPANARIE STORICHE TRA CONOSCENZA E SICUREZZA

Martínez Díaz Lara

L'ARTE DI ABITARE IL PAESAGGIO. ARCHITETTURA TROGLODITA NELLE ISOLE CANARIE.
TIPOLOGIA DI STUDIO E ANALISI

Martino Antonello

LA CONSERVAZIONE DEL PAESAGGIO PORTUALE: DALLA DEFINIZIONE DELLA VULNERABILITÀ DEL PATRIMONIO STORICO ALL'INDIVIDUAZIONE DEGLI IMPATTI DELLE ATTIVITÀ PORTUALI

Loforese Antonio Giulio, Guida Antonella, Pagliuca Antonello

VERSO UN NUOVO MANUALE PER IL RECUPERO DEI SASSI DI MATERA

Nettekoven Malte

CARATTERI COSTRUTTIVI DELL'EDILIZIA OTTOCENTESCA A ROMA PROBLEMATICHE DI RIQUALIFICAZIONE ENERGETICA

Bruno Silvana

APPROCCIO HBIM PER IL RECUPERO DEL PATRIMONIO COSTRUITO

Sangiorgio Valentino

SISTEMA INFORMATIVO PER IL MONITORAGGIO DEGLI EDIFICI

D'Amico Alessandro

IL RUOLO DEL PATRIMONIO COSTRUITO NELLA GESTIONE DEI DISASTRI

Cantatore Elena

PARAMETRI DELLA RESILIENZA PER L'EFFICIENTAMENTO ENERGETICO DI CONTESTI STORICI URBANI

Cocco Stefano

NORCIA 22 AGOSTO 1859 NORMATIVA E GESTIONE DELL'EMERGENZA

Guida Antonella, Pagliuca Antonello, Acito Marica, Gallo Donato

FRAMMENTI DI ARCHITETTURA DEL '900 NEI "SASSI DI MATERA".

IL CASO DELLA SCUOLA "ROSA MALTONI"

Guida Antonella, Laterza Michelangelo, Pagliuca Antonello, D'Amato Michele, Diaz Daniela, Chietera Marcella

L'IDENTIFICAZIONE PER IL RECUPERO DEL PATRIMONIO STORICO.

IL CASO STUDIO DELLE CHIESE DEI "SASSI DI MATERA"

IL RESTAURO STRUTTURALE COME ATTO CRITICO. IL CASO DEL ROSONE DI TROIA. STRUCTURAL RESTORATION AS CRITICAL ACT. THE CASE OF THE ROSE WINDOW OF TROIA

Nicola Masini^{*,**}, Domenico Liberatore^{***}, Antonello Pagliuca^{**}

n.masini@ibam.cnr.it, domenico.liberatore@uniroma1.it, antonello.pagliuca@unibas.it

**CNR-IBAM (Istituto per i Beni Archeologici e Monumentali), Potenza*

***Università della Basilicata, Dipartimento delle Culture Europee e del Mediterraneo, Matera*

****Università "La Sapienza", Roma*

Abstract

L'articolo mostra i risultati di un'esperienza di ricerca, progettazione e cantiere maturata nella Cattedrale di Troia con particolare riferimento al rosone e alla facciata principale. La conoscenza del manufatto con l'ausilio di indagini diagnostiche ha consentito di ricostruire il tracciato storico costruzione-dissesto-trasformazione e pervenire ad un intervento di miglioramento strutturale caratterizzato dalla conservazione dei comportamenti meccanici originali e dalla scelta di soluzioni tecniche di limitata irreversibilità.

1. Introduzione

Il restauro ha come *oggetto* la *materia*, intesa come epifania dell'immagine, e come *obiettivo* "riportare l'esistente e l'intervento nell'ambito di una prospettiva storico-critica" (Bonelli 1984). Tra gli interventi sulla *materia*, sono da considerarsi prioritari quelli finalizzati a contenere il "decadimento strutturale", nel rispetto dell'autenticità del documento-monumento (Dezzi Bardeschi 2009). In particolare, l'intervento sull'ossatura portante di un monumento non può solo rispondere ad una visione tecnicistica del problema strutturale. Al contrario va integrato con il fondamento storico-critico del restauro, sia nella fase di analisi che include lo studio della storia costruttiva, il rilievo strutturale e le indagini diagnostiche, sia nella fase progettuale e realizzativa (Carbonara 1986).

Oggi tale obiettivo è perseguibile con il *miglioramento* strutturale che mira ad un incremento del livello di sicurezza strutturale, con interventi che non stravolgono né modificano la concezione originaria del manufatto, come avviene con l'adeguamento sismico, caratterizzato dall'impiego massivo di tecniche basate sul calcestruzzo e iniezioni cementizie armate. Queste ultime oggi vengono fortemente limitate anche grazie alla disponibilità di nuovi materiali, quali quelli compositi e le leghe a memoria di forma, e tradizionali come il legno e l'acciaio che consentono di ridurre, se non annullare, il livello di irreversibilità dell'intervento.

Abstract

The article shows the results of an experience of research, design and construction in the Trojan Cathedral with particular reference to the rose window and the main facade. The knowledge of the article with the aid of diagnostic investigations made it possible to reconstruct the historical track construction-disruption-transformation and reaching an intervention of structural improvement characterized by the conservation of the original mechanical behavior and by the choice of solutions of limited irreversibility.

1. Introduction

The restoration has as its object the material, meant as a manifestation of the image, and aims to "bring the existing and the intervention in the context of a historical-critical perspective" (Bonelli 1984). Among the restoration interventions, those aimed at containing the "structural failure", respecting the authenticity of the document-monument are to be considered priority (Dezzi Bardeschi 2009). In particular, the intervention on the load bearing structure of a monument, cannot only respond to a technicistic vision of the structural problem. On the contrary it should be integrated with the historical-critical restoration foundation, both in the analysis phase including the study of the construction history and diagnostic investigations, and in the design and execution phase (Carbonara 1986).

Today this aim could be pursued with the structural improvement aimed at increasing the structural safety level, with interventions that do not alter the original conception of the building, as in the case of seismic retrofitting, characterized by techniques based on the massive use of concrete and cement injections. The use of these techniques have been reducing in the last two decades thanks to the availability of new materials, such as the composite one and shape memory alloys, and the traditional materials such as wood and steel that reduce, or even remove, the degree of irreversibility of

Seguendo i principi del restauro è indubbio che l'intervento strutturale debba operare cercando di assecondare e rispettare il comportamento statico del manufatto che, a tal fine, va indagato in maniera da correlare i dati sulle caratteristiche meccaniche e fisico-chimiche¹ (ricavabili dalla più avanzate tecniche di indagine diagnostica) con la conoscenza delle tecniche e delle fasi costruttive.

Tale approccio è stato adottato per lo studio e il restauro del rosone e della facciata della cattedrale romanica di Troia (FG), il cui preoccupante stato di dissesto ha reso necessario una accurata campagna di indagini diagnostiche non invasive².

I risultati hanno portato ad un miglioramento delle conoscenze storico-costruttive del rosone e all'individuazione dei meccanismi causa-effetto di un dissesto di rotazione dell'intera facciata. La diagnosi, basata sui risultati delle indagini diagnostiche ha suggerito gli interventi volti a fronteggiare gli effetti del dissesto ed animati dalla volontà di sfruttare in maniera ottimale il comportamento meccanico delle strutture.

2 Storia, degrado e indagini

Il rosone della cattedrale di Troia, in provincia di Foggia, costituisce una delle testimonianze più significative dal punto di vista dei contenuti artistici e simbolici del Romanico di Puglia (Belli D'Elia 1987). Il manufatto impreziosisce la facciata della cattedrale, la cui storia costruttiva è situata all'interno di un arco temporale compreso tra la fine dell'XI e la seconda metà del XIII secolo. Secondo la tradizione storica, la posa della prima pietra risalirebbe al 1093 (De Santis 1986) e l'inaugurazione della chiesa al culto avvenne il 1120. Altre fasi costruttive sono datate alla seconda metà del XII e ai primi decenni del XIII secolo. Infine l'impronta tardo romanico-gotica del rosone, in particolare della corona ad archi incrociati ogivali trilobati, denuncia un'ulteriore fase edificatoria.

Il rosone, di diametro pari a circa 6 m, è costituito da 11 raggi composti da colonnine binate in marmo di reimpiego (*Pavonazzetto*, *Proconnesio*), calcare e 'breccia corallina', quest'ultima già impiegata in molte cattedrali romaniche e castelli federiciani della Puglia e Basilicata, tra cui Castel del Monte e Castel Lagopesole. Le colonnine sono collegate a un'estremità a un oculo centrale in pietra calcarenitica a grana fine, dotato di elementi cilindrici cavi, entro cui sono inserite le teste delle stesse colonnine; all'altra, a un anello costituito da elementi prefabbricati, dello stesso materiale lapideo dell'oculo, la cui superficie è contrassegnata da curve a

the intervention.

Following the principles of the restoration there is no doubt that the structural intervention should work trying to follow the static behavior of the construction that, for this purpose, should be studied by correlating data on mechanical, chemical-physical characteristics¹ (obtainable from the most advanced techniques of diagnostic investigation) with the knowledge of the techniques and building phases.

This approach was adopted for the study and restoration of the rose window and the facade of the Romanesque cathedral of Troia, whose serious state of instability made necessary a careful campaign of non invasive diagnostic investigations².

The results have led to an improvement of the historical and constructive knowledge of the rose window and the identification of the relationship cause and effect of the rotation instability of the entire facade. The diagnosis based on the results of diagnostic tests suggested interventions to cope with the effects of decay and animated by the desire to optimally utilize the mechanical behavior of structures.

2. History, state of conservation and diagnostics

The rose window of the cathedral of Troia, in the province of Foggia, is one of the most important examples of Apulia Romanesque with respect to the artistic and symbolic contents (Belli D'Elia 1987). The artifact embellishes the facade of the cathedral, whose construction history is located within a time span between the end of the 11th and the second half of the 13th century. According to the historical tradition the foundation dates back to 1093 (De Santis, 1986). In 1120 the church was inaugurated. Other construction phases took place between the second half of the 12th and the early decades of the 13th century. The last work was just the rose window characterized by trilobal ogival crossed arches of Late Romanesque-Gothic style.

The rose window, with a diameter of about 6 m, consists of 11 beams composed of twin columns of reused marble (*pavonazzetto*, *Proconnesian*), limestone and 'breccia corallina' (conglomerate with a coral aspect). The latter could be found in several Romanesque churches and castles during Frederick II time in Apulia and in Basilicata, among which Castel del Monte and Lagopesole Castle.

The columns are connected : 1) at one end to a calcarenite stone oculus, equipped with cylindrical hollow elements, within which the heads of the same columns are inserted; 2) at the other end, to a ring

pieno centro in alto rilievo che si intrecciano formando delle ogive trilobate. Esterno agli archi intrecciati è un cordolo con conci squadrati di calcarenite a grana medio-fine. Tra le colonnine binate sono inserite 11 transenne triangolari traforate, a forma di nastri intrecciati, che individuano diversi motivi geometrici (quadrato, losanga, croce, cerchio) dalla forte carica simbolica.

Dissesti dovuti ad eventi sismici (1731) e successive ricostruzioni³ hanno caratterizzato la storia post-medievale della cattedrale. I primi restauri ottocenteschi di abbellimento del Travaglini (Picone 2000), ignorarono i problemi strutturali del rosone, che in seguito fu oggetto di interventi antiestetici (v. fig. 2) e di dubbia efficacia.⁴

Le indagini sono state finalizzate a ricavare dati scientifici, atti a valutare in che misura i dissesti fossero dovuti all'evento sismico, a difetti costruttivi nella fase di costruzione del rosone o durante precedenti restauri.

I rilievi ad alta precisione eseguiti con laser scanner hanno consentito di quantificare l'entità del 'fuori piombo' della parte superiore della facciata e delle deformazioni degli elementi costituenti il rosone. Dall'analisi dei dati acquisiti si sono ricavate le prime informazioni sulle relazioni causa-effetto dei dissesti. In particolare, è emerso un quadro deformativo della facciata riconducibile ad un moto di rotazione, di chiara origine sismica, con cerniera sub-orizzontale (fig. 1) passante a qualche decina di centimetri dal centro del rosone, con uno spostamento massimo 'fuori del piano' misurato alla sommità della facciata di circa 30 cm. Una chiara evidenza del fenomeno di ribaltamento, oltre che prova della sua origine non recente, si ricava dallo spostamento della superficie interna della facciata rispetto alla mensola originariamente disposta sulla sommità del muro longitudinale destro della navata centrale (fig. 2, III). Tale mensola, destinata a sorreggere la prima capriata, si trovava in aderenza alla facciata, mentre attualmente è posta ad una distanza di circa 25 cm da questa.

Il moto di rotazione della facciata è stato dunque la presumibile causa di un insieme di scorrimenti e danneggiamenti rilevati sulla facciata esterna. In particolare, sull'arco superiore sono stati rilevati una marcata ovalizzazione, accompagnata dalla fuoriuscita e rotazione dei conci di chiave e diffuse lesioni verticali di schiacciamento negli altri conci. (v. fig. 3).

La precisione del rilievo ha consentito di individuare una serie di difetti costruttivi di posa in opera, quali l'eccentricità del centro dell'oculo, rispetto al centro del rosone, e la varianza di circa 3° degli angoli tra i raggi

consisting of prefabricated elements, of the same stone material of the oculus, whose surface is characterized by curves in high relief which intersect forming trilobal pointed arches. The intersecting arches are bordered by a curb composed of square blocks of limestone with medium-fine grain. Among the twin columns 11 triangular tracteries with different motifs (square, diamond, cross, circle) are inserted.

Structural damage due to seismic events (1731) and subsequent reconstructions characterized the post-medieval history of the cathedral³. The early nineteenth-century restorations of embellishment conducted by Travaglini (Picone 2000), did not solve the structural problems of the rose window, which was later subject to invasive interventions (v. Fig. 2) and of dubious effectiveness.⁴

The investigations were aimed at obtaining scientific data, to assess to what extent the failures were due to the earthquake, construction defects in the construction phase of the cathedral facade or during previous restorations.

The high-precision measurements performed with laser scanner made it possible to quantify the extent of the out of plumb of the upper façade and the deformations of the components the rose window. In particular, it has emerged that a deformation of the facade due to a rotation, caused by seismic events, with sub-horizontal hinge (Fig. 1) passing to a few tens of centimeters from the center of the rose window, with a maximum displacement of about 30 cm.

A clear evidence of the tilting, as well as proof that is not recent, is the displacement of the inner side of the facade with respect to the bracket originally arranged on the top of the right longitudinal wall of the nave (Fig. 2, III). Such bracket bolt to hold the first truss, was in adherence to the facade, while currently is placed at a distance of about 25 cm from this.

The rotation motion of the facade was reasonably the cause of a set of slides and damage detected on the external facade. In particular, a marked roundness of the upper arch was detected. It was accompanied by the spill and rotation of ashlar key blocks and diffuse vertical lesions of crushing in the other parts of the facade

The precise survey allowed to identify several building defects, such as the eccentricity of the oculus of the rose window, and the variance of about 3° of the angles between the rays of the rose window. These anomalies can be explained by the difficulty of dividing a circle according to an odd number of sectors (eleven) at over fifteen meters above the ground. Other investigation

del rosone. Tali anomalie si spiegano con la particolare difficoltà nel dividere un cerchio secondo un numero dispari di settori (undici) ad oltre quindici metri da terra. Altre metodiche di indagine sono state impiegate al fine di caratterizzare le tecniche e i materiali costruttivi e di qualificare lo stato di degrado materico⁵. Particolarmente significative si sono rivelate le prospezioni con il ground penetrating radar (GPR) (Masini et al. 2007) che hanno fornito preziose informazioni sulla composizione interna degli elementi costruttivi (fig. 4), quali ad esempio:

- l'anello lapideo, costituito da un doppio cordolo in conci squadrati, con intercapedine riempita di muratura, su cui poggiano gli elementi prefabbricati "ad archi incrociati";
- i collegamenti delle colonnine con i capitelli e con l'oculo centrale, realizzati con perni metallici e piombo fuso.

I risultati ottenuti hanno fornito non solo informazioni fondamentali per la diagnosi, ma hanno anche consentito di accrescere la conoscenza della storia costruttiva. In particolare, sono state individuate ben sei fasi di lavorazione e di assemblaggio del manufatto (v. Fig. 5) (Masini et al. 2010).

Nella prima (I) sono stati realizzati gli archi inferiori del cordolo, costituito da due file di conci squadrati con riempimento in pietrame (I1, I2), e dell'anello composto da elementi a forma di archi incrociati con motivi trilobati e trafori (I3). Nella seconda fase i due archi superiori sono stati chiusi in chiave con la sequenza: cordolo esterno (II1), cordolo interno (II2) ed anello ad archi incrociati (II3). Nella fase III è stato posto in opera l'oculo, dotato di 'bicchieri' modanati, per accogliere le estremità di tre colonnine. I capitelli collegati alle colonne tramite elementi di ferro e piombo fuso, hanno consentito ai costruttori di 'gestire' le tolleranze costruttive. Nella fase IV continua l'assemblaggio delle colonnine inferiori e al contempo dei pannelli traforati. Infine vengono collocati nella fascia centrale del rosone e in alto le colonnine e rimanenti pannelli traforati (VI).

3 Il progetto dell'intervento

Il "cantiere della conoscenza" si è poi trasformato in laboratorio progettuale durante il quale nessuna delle due possibili modalità di intervento, in situ o a piè d'opera, è stata a priori scartata⁶.

Tuttavia, la fragilità delle transenne traforate, e la presenza di perni metallici nei giunti di collegamento, gran parte dei quali individuati tramite georadar, hanno orientato il restauro verso un intervento in situ, contro l'ipotesi più radicale (e teoricamente più efficace) di

methods have been employed in order to characterize building techniques and materials as well as evaluate the state of conservation⁵. Significant results have been obtained by ground penetrating radar (GPR) (Masini et al. 2007) which provided valuable information on the internal composition of the construction elements (fig. 4), such as:

- the stone ring, consisting of a double curb in square blocks, with cavity filled by masonry, which bear the load of prefabricated crossed arches;
- the connections of the columns with the capitals and the central oculus, made with metal pins and molten lead.

The results provided essential information for the diagnosis as well as allowed to improve the knowledge of the construction history. In particular, six building phases have been identified (see. Fig. 5) (Masini et al. 2010).

During the first phase (I) the lower arches of the curb have been made. They consist of two rows of squared ashlar containing heap stones (I1, I2), and the ring composed of crossed arches elements with trilobal motifs (I3). In the second phase the two upper arches were closed in key with the following sequence: external curb (II1), inner curb (II2) and ring composed of crossed arches (II3). In the phase III the oculus has been placed, equipped with molded 'glass', to accommodate the ends of three columns. The capitals, connected to the columns by iron elements and molten lead, have allowed to 'manage' the construction tolerances.

In the phase IV the assembly of the lower columns and tracery continue. Finally, in the middle and at the top of the rose window the other columns and tracery panels are placed (V, VI).

3. The intervention project

The "workshop of knowledge" was then transformed into design workshop during which neither of the two possible intervention solutions, in situ or near the works, was discarded a priori⁶.

However, the fragility of the tracery, and the presence of metal pins in the connection joints, most of which have been detected by GPR, oriented the restoration towards in situ intervention, against the more radical solution (and theoretically more effective) of disassembly, reassembly, reinforcement and re-assembly of the delicate construction system of the rose window (Figs. 6-7).

The restoration project has been aimed at preventing the progress of deformations, exerting retaining action

smontare, rinforzare e riassemble il delicato organismo costruttivo del rosone (Figg. 6-7).

Il progetto di restauro si è posto, dunque, l'obiettivo di impedire il progredire delle deformazioni operando sia *a monte* che *a valle* del manufatto, ovvero, esercitando un'azione di ritegno nei confronti sia della rotazione della facciata che dell'espulsione del rosone.

In particolare, l'azione di ritegno nei confronti della rotazione della facciata è stata assicurata da due tiranti disposti in prossimità del colmo dei muri longitudinali, disposti sulle catene delle capriate ed ancorati all'intersezione della navata centrale con il transetto. I tiranti di diametro 24 mm, hanno dunque permesso di vincolare la rotazione della facciata, riportando le forze sui muri longitudinali della navata centrale, e da questi all'abside attraverso catene metalliche preesistenti.

Al fine di contrastare l'espulsione del rosone, si è messo a punto un articolato sistema strutturale costituito da un anello e una raggiera in acciaio, integrati negli infissi metallici.

Per la raggiera sono stati inizialmente ipotizzati diversi schemi statici, caratterizzati, per il singolo raggio, da differenti tipi di vincolo lungo l'anello perimetrale e al centro, ossia a) incastro perimetrale – incastro centrale; b) cerniera perimetrale – incastro centrale; c) incastro perimetrale – libero centrale.

Gli schemi a) e b) sono più efficienti dal punto di vista strutturale ed equivalgono, per il singolo raggio, a uno schema a trave doppiamente incastrata il primo, e a una trave cernierata-incastrata il secondo. Essi però richiedono la trasmissione del momento flettente in corrispondenza del centro del rosone, e ciò avrebbe comportato problemi di ingombro in prossimità dell'oculo e dei capitelli delle colonnine. Si è pertanto optato per il terzo schema che, per il singolo raggio, è equivalente ad una mensola. I raggi sono stati disposti ai lati delle colonnine, in modo da limitare, per quanto possibile, l'impatto visivo.

L'anello perimetrale, avente sezione a C, di dimensioni 100 mm x 200 mm e spessore 15 mm (fig. 6, elemento n. 1), ha una triplice funzione: 1) di vincolo per la raggiera, 2) di collegamento con la muratura circostante, 3) di contenimento di possibili scorrimenti di conci lapidei del cordolo. La componente tagliante viene trasmessa direttamente alla muratura circostante attraverso micro perforazioni armate. La componente flettente, agente nella direzione radiale, viene assorbita direttamente dall'anello attraverso il suo comportamento flessionale nella direzione circonferenziale.

La raggiera, con sezione a T rovescia, di dimensioni 80

against both the rotation of the facade and the expulsion of the rose window.

In particular, the retaining action against the facade rotation was ensured by two tie rods arranged in the vicinity of the ridge of the longitudinal walls, arranged on the chains of the trusses and anchored at the intersection of the nave with the transept. The tie rods of 24 mm diameter, have thus allowed to constrain the rotation of the facade, bringing the forces on the longitudinal walls of the nave, and from them to the apse through preexisting metal chains.

In order to counter the expulsion of the rose window an articulated structural system consisting of a steel ring and sunburst, integrated with the metal fixtures, has been designed.

For the sunburst we initially hypothesized the following static schemes, each one characterized by a distinct type of constraints:

a) border interlocking- central interlocking; b) border hinge - central interlocking; c) border interlocking - central free.

The schemes a) and b) are more effective from the structural point of view. However, they require the transmission of the bending moment at the center of the rose window, and this would have involved problems of bulk and in the vicinity of the oculus and the column capitals. Therefore, the third scheme was chosen. The steel rays have been arranged at the sides of the columns, in the position currently occupied by the fixtures. They continue towards the peripheral ring by following the path of the crossed arches, in order to limit the visual impact.

The perimeter ring, with C-shaped section, dimensions 100 mm x 200 mm and thickness of 15 mm (Fig. 6, element n. 1), has a threefold function: 1) constraint for the sunburst, 2) connection with the surrounding masonry, 3) containment of possible displacement of the curb stone ashlars. The shear component is transmitted directly to the surrounding wall through micro reinforced perforations. The bending component, along the radial direction, is absorbed directly from the ring through its flexural behavior in the circumferential direction.

The steel radial pattern, with overturned T-section, of dimensions 80 mm x 80 mm and thickness of 25 mm (Fig. 6, elem. 2; Fig. 7, top), follows the contour of the lozenges and the fixtures (fig. 6, elem. 3; fig. 7, at the center and in the lower right). It is a parallel structure to the rose window one and has significant stiffness and strength. It is connected to rose window by a plastic belt system (fig. 6 elem. 4), resistant to weathering and UV

mm x 80 mm e spessore 25 mm (fig. 6, elem. 2; fig. 7, in alto), segue il contorno delle losanghe e degli infissi (fig. 6, elem. 3; fig. 7, al centro e in basso a dx). Essa è una struttura “parallela” al rosone, dotata di una significativa rigidità e resistenza, e alla quale il rosone è collegato con un sistema di nastri trasparenti in materiale plastico (fig. 6, elem. 4), resistenti agli agenti atmosferici e ai raggi UV, e facilmente sostituibile in un quadro di manutenzione programmata. Questo sistema di collegamento permette di eliminare le cravatte in acciaio; è totalmente reversibile ed ha un impatto visivo notevolmente inferiore rispetto alla situazione preesistente. La struttura di ritegno è completata da elementi di collegamento dell’anello con la raggiera, con sezione ad L (elem n. 5) ed un anello piatto posto sempre in posizione retrostante le colonnine interne, in corrispondenza dell’oculo, collegato agli elementi della raggiera (elem n. 6)⁷.

Il sistema costruttivo, in fase esecutiva, è stato oggetto di modifiche volte a ridurre l’ingombro delle nervature d’acciaio e l’impatto visivo, senza ridurre l’efficacia strutturale dell’intervento.

Conclusioni

L’esperienza di ricerca, progettazione e cantiere maturata nella Cattedrale di Troia è stata animata da un approccio volto a migliorare la conoscenza del manufatto dal punto di vista della sua storia costruttiva e dello studio delle patologie di degrado e dissesto.

La conoscenza delle caratteristiche costruttive, con l’ausilio della diagnostica non invasiva, ha consentito di ricostruire la cronologia relativa delle fasi di assemblaggio del delicato manufatto, contribuendo, altresì, ad aprire uno spiraglio sulla cultura costruttiva dei rosonei romanici, di cui poco è dato sapere da studi di archeologia e di storia dell’architettura.

Lo studio degli aspetti costruttivi ha inoltre permesso di individuare quei fattori di vulnerabilità legati a difetti esecutivi originari, dunque intrinseci al manufatto, e fattori di vulnerabilità legati ad errori o a carenti opere di intervento di riparazione e consolidamento eseguiti tra '800 e '900.

Dalla conoscenza del tracciato storico *costruzione-dissesto-trasformazione*, si è pervenuti ad un intervento di miglioramento strutturale che ha perseguito la continuità di funzioni e di comportamenti meccanici mediante soluzioni di limitata irreversibilità consentendo, altresì, di rimuovere antiestetische opere di presidio ottocentesche.

rays, and easily replaceable during programmed maintenance. This connection system allowed to eliminate the invasive steel ties. It is totally reversible and has a much lower impact than the existing situation. The retention structure is completed by connection elements of the ring with the sunburst, with an L-shaped section (elem n. 5) and a plate ring placed always in position behind the inner columns, in correspondence of the oculus, connected to the elements of sunburst (elem n. 6)⁷.

The construction system, during execution, was subject to amendments aimed at reducing the size of the steel ribs and the visual impact, without reducing the structural effectiveness of the intervention.

Final remarks

The research, design and restoration experience in the Cathedral of Troia was animated by an approach aimed at improving the knowledge of the building history and the study of internal deterioration and instability problems.

Knowledge of structural characteristics, with the help of non-invasive diagnostics, has allowed us to reconstruct the chronology of the phases of the delicate artifact assemblage, contributing, also, to open a window on the constructive culture of Romanesque rose windows, little investigated by art historians and archaeologists. The study of the constructive aspects has also allowed us to identify the factors of vulnerability linked to constructive defects, thus intrinsic to the artefact, and vulnerability factors related to errors or deficient works of repairs and retrofitting carried out between '800 and '900.

From the knowledge of the historical path construction-damages-transformation, we based the retrofitting and restoration which pursue the continuity of functions and mechanical behavior through limited irreversibility solutions, thus allowing to remove unsightly repairing works made in the nineteenth century.

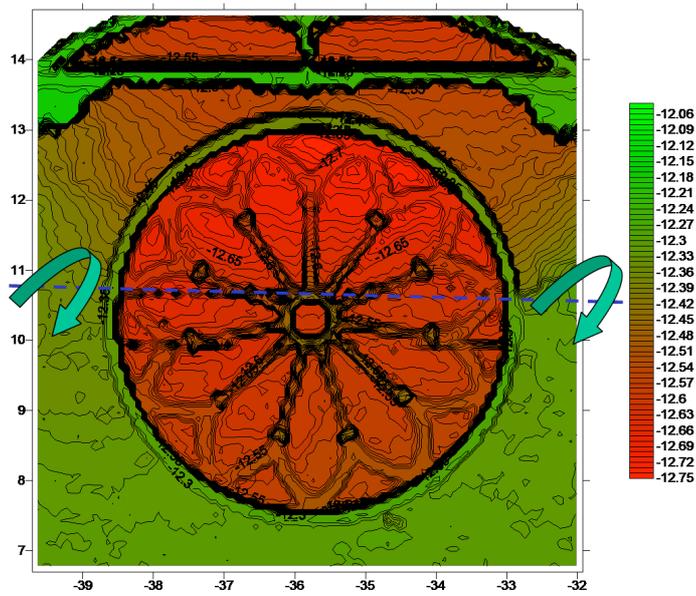


Figura 1: Rappresentazione con curve di livello del rilievo con laser scanner del quadro deformativo che ha messo in evidenza l'asse-cerniera intorno al quale ruota il rosone

Figure 1: Laser scanning survey represented by contour lines which puts in evidence the axe-hinge around which the rose window rotates

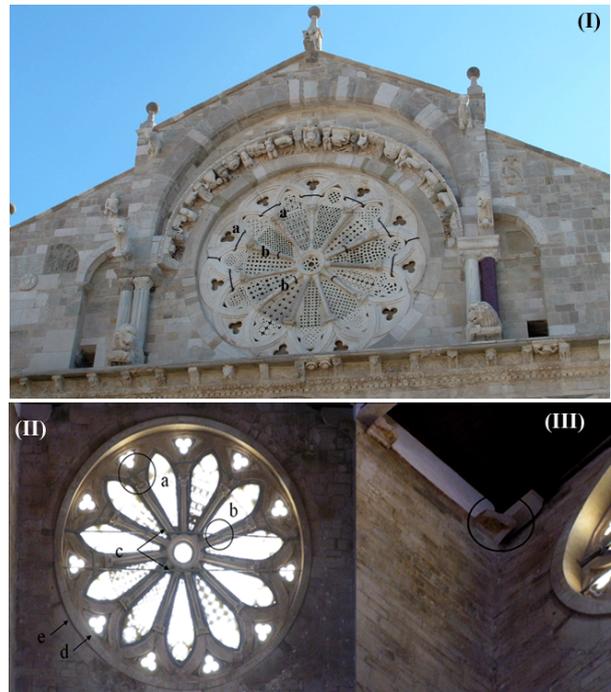


Figura 2: I-II: il rosone prima del restauro, dal lato esterno (I) ed interno (II). Si notino (a) le "cravatte" metalliche inserite per evitare scorrimenti lungo i giunti degli elementi ad archi incrociati, (b) le "cravatte" metalliche di collegamento tra le colonnine binate, (c) le due barre metalliche orizzontali (d) un cordolo lapideo sovrapposto al cordolo originario (e). III: particolare dell'attuale mensola di appoggio della capriata e di un'antica mensola distante circa 25 dalla superficie interna della facciata principale

Figure 2: I-II: the rose window before restoration, from the outer (I) and internal side (II). Note (a) the iron "ties" inserted to prevent sliding along the joints of the crossed arches, (b) the iron "ties" connecting the coupled columns, (c) the two horizontal metal bars (d) a stone curb superimposed on the original curb (e). III: detail of the current cantilever supporting the truss and an old cantilever about 25cm from the inner surface of the main facade

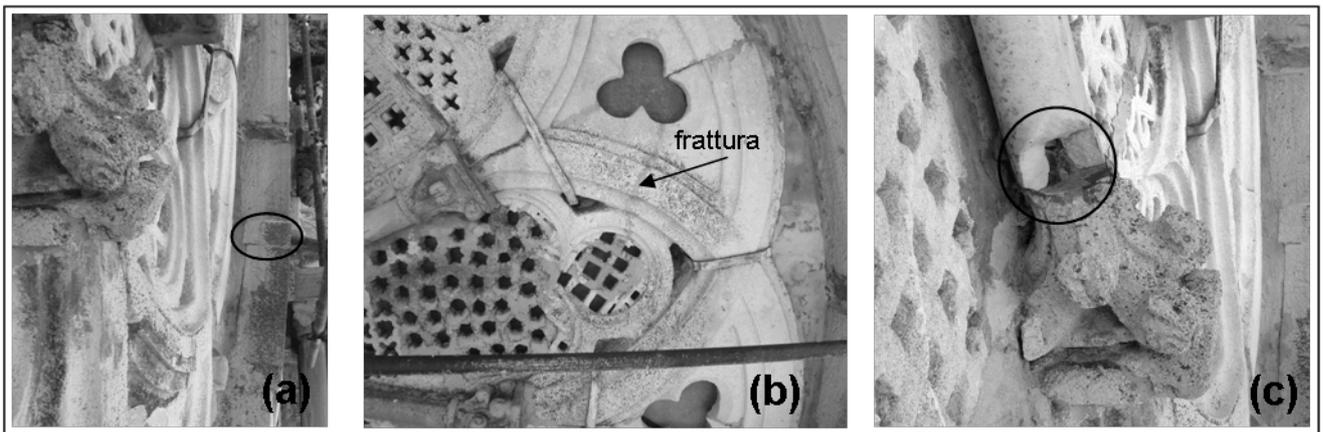


Figura 3: (a) concio del cordolo in fase espulsiva; (b) frattura; (c) rottura a schiacciamento del giunto colonnina-capitello che mette in evidenza il perno di collegamento in ferro.

Figure 3: a) ashlar of the curb in the expulsive phase; (b) fracture; (c) crushing of the joint column-capital which highlights the connection pin in iron.

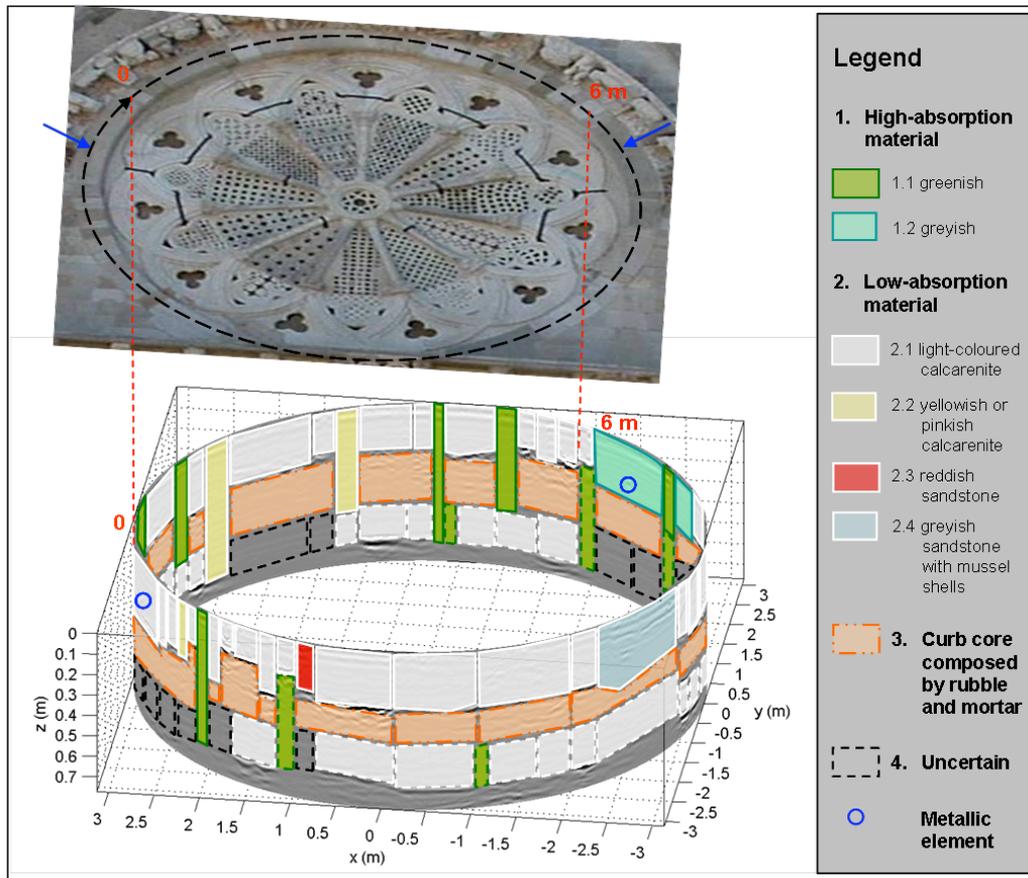


Figura 4: Caratteristiche costruttive del cordolo del rosone analizzate mediante indagini GPR.

Figure 4: Construction characteristics of the rose window curb investigated by GPR techniques

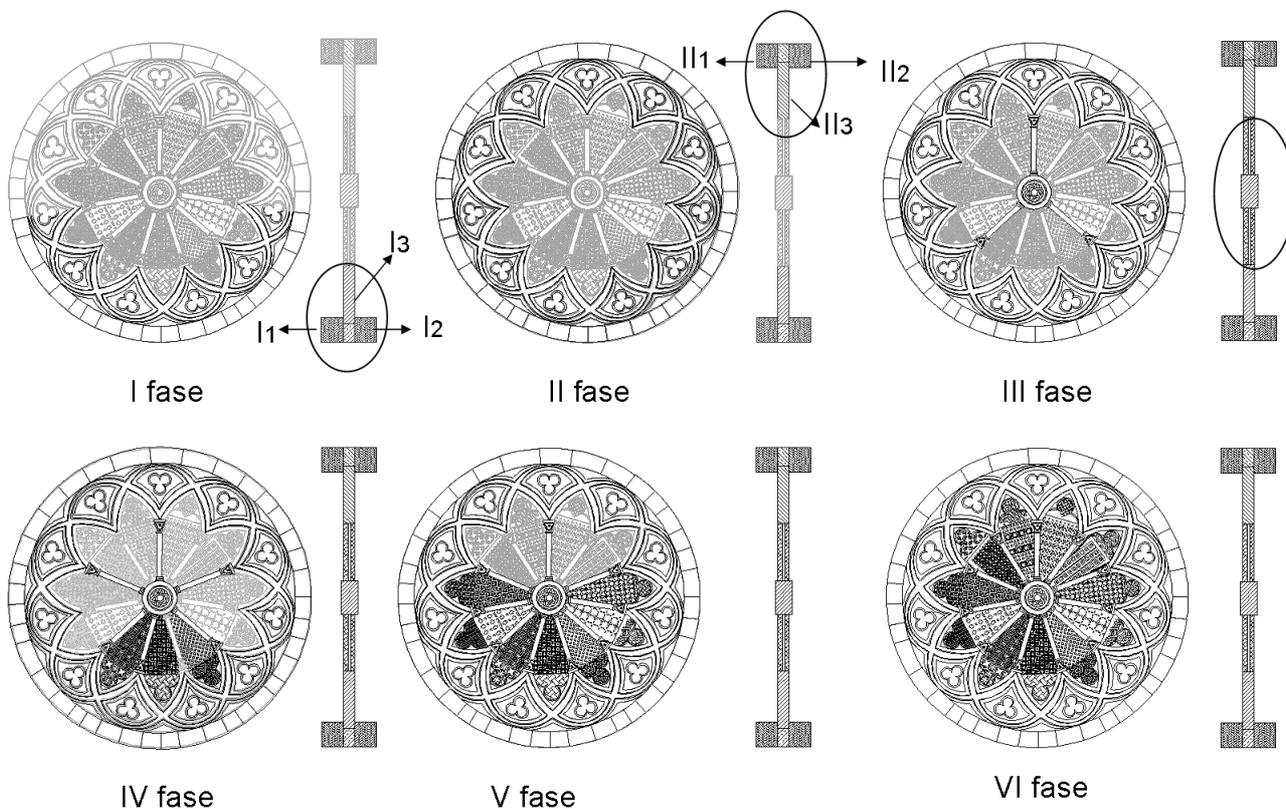


Figura 5: Cronologia relativa delle fasi costruttive del rosone.

Figure 5: Relative chronology of the building phases of the rose window

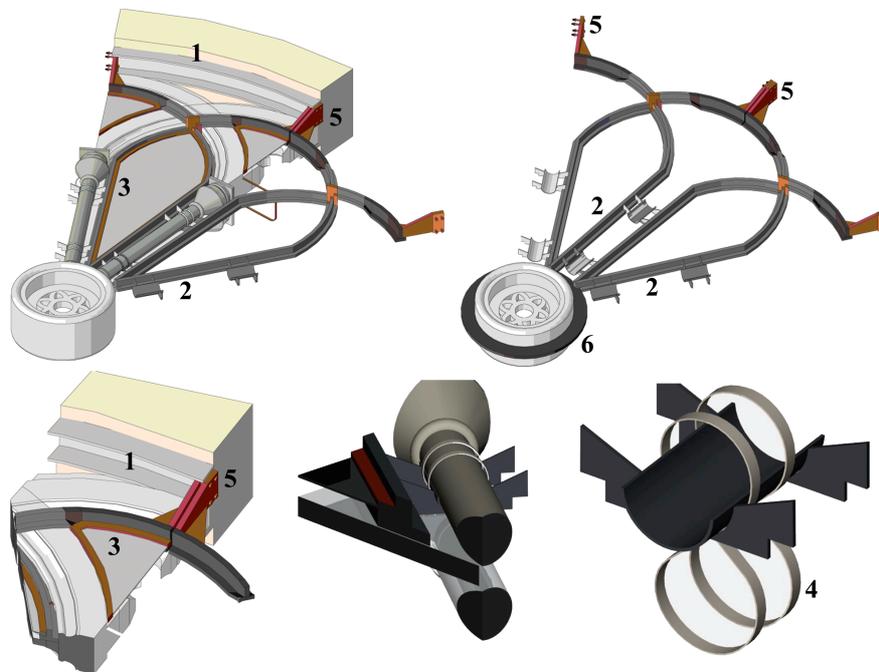


Figura 6: Sistema di ritegno del rosone: particolari costruttivi dell'intervento sul lato interno del rosone

Figure 6: Retention system overturning the rose window: construction details of the intervention on the inner side of the rose window on the

NOTE

¹ Nell'ambito della diagnostica si registra talvolta uno 'scollamento' tra ingegneri strutturalisti e geochimici, ossia tra le metodologie di indagine mirate alla conoscenza della vulnerabilità strutturale e le tecnologie e metodiche volte alla caratterizzazione dei materiali e del degrado.

¹ In the field of diagnostic there is sometimes a 'disconnect' between structural engineers and geochemists, ie between targeted research methodologies aimed to the knowledge of structural vulnerability and the technologies and methods aimed at the characterization of materials and degradation.

² Campagna di indagini coordinata da Domenico Liberatore e Nicola Masini dell'IBAM-CNR effettuata nel 2004 dall'IBAM-CNR e dall'Università della Basilicata con il coinvolgimento dell'ISTI-CNR di Pisa, del CNR-IMAA di Tito, dell'Università di Ferrara e del Politecnico di Milano.

² Investigations carried out by University of Basilicata and CNR-IBAM in 2004 and directed by Domenico Liberatore and Nicola Masini, with the involvement of ISTI-CNR PISA, CNR-IMAA, University of Ferrara and Polytechnic of Milan

³ Le ricostruzioni più significative furono eseguite nei decenni successivi al devastante evento tellurico del 1731 e riguardarono prevalentemente uno dei bracci del transetto.

³ The most significant reconstructions were performed in the decades following the devastating earthquake of 1731 and affected predominantly a part of the transept.

⁴ Interventi costituiti in una prima fase da cravatte metalliche poste all'esterno e in un secondo momento da barre tubolari, ubicate sul lato interno.

⁴ Interventions consist of a first step by metal ties placed outside and after by placing tubular bars, located on the inner side.

⁵ Oltre alle prospezioni GPR effettuate da Enzo Rizzo e Luigia Nuzzo, sono state effettuate analisi in laboratorio per lo studio mineralogico-petrografico dei materiali lapidei, a cura di Angela Calia dell'IBAM-CNR, prove soniche ed ultrasoniche (eseguite dal Politecnico di Milano e dall'IBAM-CNR) che hanno consentito di qualificare lo stato di degrado e la resistenza meccanica delle componenti costruttive, prospezioni termografiche (a cura dell'IBAM-CNR) che hanno rilevato la presenza di lesioni capillari, fratture passanti e integrazioni effettuate in precedenti restauri.

⁵ In addition to the GPR surveys performed by Enzo Rizzo(CNR/IMAA) and Luigia Nuzzo, analyses in laboratory to study the mineralogical and petrographic characteristics of the stone (by Angela Calia IBAM-CNR) have been carried out. Moreover sonic and ultrasonic tests have been performed (by the Polytechnic of Milan and by IBAM-CNR) to qualify the state of degradation and mechanical strength of the structural components. Finally, thermographic surveys (by IBAM-CNR) allowed to detect the presence of hairline cracks, fractures and additions made in previous restorations.

⁶ Progetto a cura degli scriventi, Domenico Liberatore e Nicola Masini, con la collaborazione degli ingg. Giuseppe Spera, Emanuele Festa e Lucio Lisanti.

⁶ *Desing realized by Domenico Liberatore and Nicola Masini, with the collaboration of Giuseppe Spera, Emanuele Festa and Lucio Lisanti.*

⁷ Il collegamento dell'anello metallico alla muratura adiacente è effettuato tramite perforazioni armate (diametro 16 mm) e malta a base di resina epossidica.

⁷ *The metal ring connection to adjacent brickwork is made by reinforced perforations (diameter 16 mm) and mortar based on epoxy resin.*

BIBLIOGRAFIA

Aveta A., 2000. Tecniche tradizionali o moderne nel restauro architettonico: alcune riflessioni, in AA.VV., Restauro dalla teoria alla prassi, a cura di Stella Casiello, Electa Napoli, Napoli, pp. 42-53

Belli D'Elia P., 1987. L'Italia romanica. La Puglia, Milano, p. 408 e ss.

Bonelli R., 1984. Considerazioni finali, in AA.VV., Restauro e cemento in architettura, a cura di G. Carbonara, AITEC, Roma 1984, p. 438

Carbonara G., 1986. La reintegrazione dell'immagine, in Anastilosi, L'antico, il restauro, la città, a cura di F. Perego, Roma, pp. 81-82

Carbonara G., 2000. Gli orientamenti attuali del restauro architettonico, in AA.VV., Restauro dalla teoria alla prassi, a cura di Stella Casiello, Electa Napoli, Napoli, pp. 9-26, 3 in part. pp. 20-21.

De Santis M., 1986. La civitas troiana e la sua cattedrale, Foggia.

Dezzi Bardeschi M., Locatelli V., 2009. Restauro: punto e da capo. Frammenti per una (impossibile) teoria. Milano, Franco Angeli.

Masini N., Nuzzo L., Rizzo E. 2007. GPR investigations for the study and the restoration of the Rose Window of Troia Cathedral (Southern Italy), Near Surface Geophysics, 5 (5), pp. 287-300

Masini N., Nuzzo L., Rizzo E., Liberatore D. 2010. Integrazione di indagini non invasive per lo studio delle tecniche costruttive e il restauro: il caso del rosone della cattedrale di Troia, in F. D'Andria, D. Malfitana, N. Masini, G. Scardozzi G., 2010 (a cura di), Il Dialogo dei saperi. Metodologie integrate per i beni Culturali, ESI, Napoli, vol. II, pp. 563-580, ISBN: 8849519117.

Picone R., 2000. "Restauro e de-restauro. Il caso della Cattedrale di Troia in Puglia, in AA.VV., Restauro dalla teoria alla prassi, a cura di Stella Casiello, Napoli, pp. 76-102



***“Là dove la tecnica è superata
inizia l’architettura.”***

LUDWIG MIES VAN DER ROHE

***“La rivoluzione
dello spirito artistico
ci ha dato la conoscenza
elementare,
la rivoluzione tecnica
ci ha dato lo strumento
per la nuova forma.”***

WALTER GROPIUS

WORLDWIDE DISTRIBUTION
& DIGITAL VERSION EBOOK/APP:
www.gangemeditore.it