

Colloqui.AT.e 2016

MATER(i)A

Materials | Architecture | Technology

Energy/Environment | Reuse

(Interdisciplinary) | Adaptability

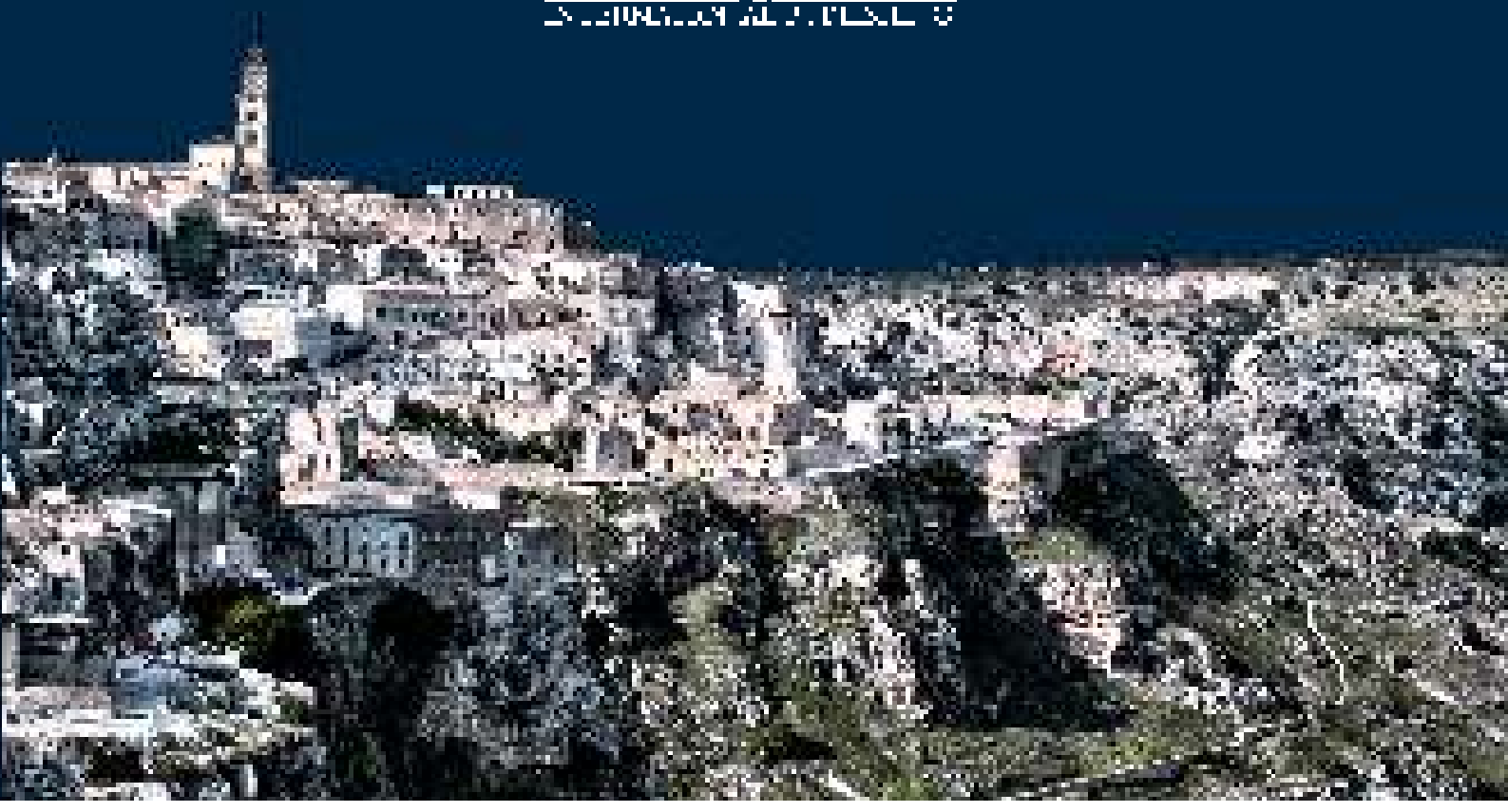
a cura di

Antonella Guida

Antonello Pagliuca



UNIVERSITÀ DEL SALENTO
SALERNO



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

DISCIPLINE LETTERARIE
S. GIOVANNI ROTONDO

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



Dipartimento delle Culture Europee
e del Mediterraneo,
Architettura, Ambiente e Patrimoni culturali



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



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



MATERA 2019



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 VETROMATTONI 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 Giueppina

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"

LA CARATTERIZZAZIONE TECNOLOGICA PER LA MITIGAZIONE DEL RISCHIO SISMICO. IL CASO STUDIO DELLE CHIESE DEI "SASSI DI MATERA".

TECHNOLOGICAL CHARACTERIZATION FOR THE MITIGATION OF SEISMIC RISK. THE CASE STUDY OF CHURCHES OF "SASSI DI MATERA".

di Guida A.*, Laterza M.*, Pagliuca A.*, D'Amato M.*, Díaz D.*, Chietera M.*

*Università degli Studi della Basilicata - Matera, Italia.

antonella.guida@unibas.it; michelangelo.laterza@unibas.it; antonello.pagliuca@unibas.it; michele.damato@unibas.it; daniela.diaz@unibas.it; marcella.chietera.3@gmail.com;

Abstract

La conservazione degli edifici storici non può prescindere dalla conoscenza delle loro caratteristiche costitutive, quali ad esempio le tecniche costruttive, le caratteristiche strutturali e la storia dell'edificio, rappresentando un punto cruciale per la valutazione del rischio sismico. In questo documento, una procedura per la caratterizzazione tipologica e due procedure semplificate di valutazione del rischio sismico vengono descritte ed applicate criticamente ad alcuni casi studio di chiese appartenenti ai "Sassi di Matera", centro storico della città di Matera tutelato dall'UNESCO. Questa metodologia ha lo scopo di essere utilizzata a scala territoriale per la pianificazione della conservazione preventiva dei beni culturali e dei progetti di mitigazione del rischio sismico. I risultati ottenuti dai casi studio vengono mostrati e confrontati tra loro, sottolineando gli aspetti che caratterizzano la loro vulnerabilità sismica.

Introduzione: caratterizzazione tecnologica delle chiese nel sito UNESCO Sassi di Matera

In questo articolo si mostra la prima fase della caratterizzazione delle chiese nel sito UNESCO Sassi di Matera, costruito dal IX secolo in entrambi i lati del burrone Gravina di Matera, dove nella zona nord si trova il parco naturale ed archeologico delle chiese rupestri chiamato Parco della Murgia e nel sud è stata sviluppata la città di Matera. Il sito dei Sassi di Matera è stato inserito nel *World Cultural Heritage List* nel 1993, al fine di riconoscerlo come una testimonianza unica delle attività umane.

Al giorno d'oggi, anche se ci sono stati progressi nella gestione del sito, è necessario uno studio globale per affrontare l'identificazione generale delle chiese all'interno del perimetro dei Sassi di Matera, in termini di caratterizzazione tipologica e tecnica, di proprietà e condizioni d'uso, diagnosi del loro stato di conservazione, e valutazione del rischio sismico. Questa ricerca affronta il processo di caratterizzazione tecnologica in tre fasi principali: la prima mira ad individuare tutte le chiese nell'area di studio (circa 60); la seconda mira a classificare le chiese secondo tipologie architettoniche, tecnologiche, di uso e di degrado; e la

Abstract

The conservation of historic buildings cannot be independent of the knowledge of its constitutive features such as: materials, constructive techniques, structural characteristics and building evolution, representing a crucial point for the assessment of seismic risk. In this paper, a procedure for the typological characterization and two simplified procedures for seismic risk assessment are described and critically applied to case studies of churches belonging to the "Sassi of Matera", the historic center of Matera town protected by UNESCO. This methodology is intended to be used at a territorial scale for the planning of preventive conservation of cultural heritage and seismic risk mitigation projects. The obtained results are shown and compared among them, highlighting the aspects that characterize their seismic vulnerability.

Introduction: technological characterization of the churches in the Sassi di Matera UNESCO site

This article aims to show the first phase of characterization of the churches in the Sassi di Matera UNESCO site, built since the IX centuries in both sides of the ravine *Gravina di Matera*, where the north zone is the natural and archaeological park of the cave churches called *Parco della Murgia* and the south is where the Matera city was developed. The Matera Sassi site was included in the World Cultural Heritage List in 1993, in order to recognize it as an unique testimony of human activity.

Nowadays, although there has been advances in the site management, a global study is needed to address a general identification of the churches inside the perimeter of the *Sassi* of Matera, in terms of typological and technical characterization, legal and use condition, diagnosis of their conservation state, and seismic risk assessment. This work addresses the characterization process in three main phases: the first aims to identify all the churches in the established area (around 60); the second aims to classify the churches according to architectural, technological, use and degradation typologies; and in the third phase, the seismic risk of

terza fase ha lo scopo di analizzare il rischio sismico dei casi rappresentativi. In questo articolo lo sviluppo delle tre fasi sarà presentato in tre chiese tipologicamente diverse: la chiesa di San Nicola dei Greci, completamente scavata nella roccia; la chiesa di Santa Maria de Armenis, in parte scavata ed in parte costruita; e la chiesa di San Pietro Caveoso, completamente costruita.

1. Metodologia di classificazione: scheda per l'identificazione e la caratterizzazione tecnologica delle chiese nel sito Sassi di Matera

Esiste una forte continuità materiale a Matera, grazie all'uso dello stesso tufo per la costruzione di pareti e volte, dalle prime costruzioni di abitazione agli edifici pubblici come le chiese. Giuffrè e Carocci (1997) hanno definito il sistema costruttivo tradizionale, come una muratura a sacco con un conglomerato di scaglie di pietra e malta in mezzo, da spessore 50 a 120 cm. Di conseguenza con il codice Giuffrè e dall'esperienza del restauro di edifici nei Sassi di Matera, per affrontare la caratterizzazione delle chiese è stata sviluppata una scheda divisa in quattro parti, la prima comprende l'identificazione generale dell'edificio: mappa di localizzazione, le informazioni sulle proprietà, classificazione tipologica, l'uso originale ed attuale, tutela giuridica, rassegna storica includendo le modifiche o cambiamenti nella struttura, descrizione architettonica, dimensioni generali e pianta architettonica.

La seconda parte ha lo scopo di caratterizzare le chiusure verticali della chiesa, iniziando con la morfologia generale che a Matera può essere: costruita, scavata-costruita, o completamente scavata nella roccia. Successivamente, una classificazione delle pareti esterne è definita identificando il tipo, materiale e la forma delle pietre, e la tipologia dei muri che può essere: muratura in pietrame disordinata; muratura in pietra a spacco, in conci sbozzati con tessitura regolare; muratura a conci in pietra tenera; muratura in opera quadrata (calcare, arenaria...); o altri. Infine, sarà definita una classificazione delle superfici con valutazione dello stato di conservazione della muratura. La terza parte della scheda ha lo scopo di caratterizzare le chiusure orizzontali della chiesa: la tipologia, materiale, fattura ed il degrado del calpestio (battuto di terreno, basole di pietra, cotto, ceramica, ecc.); solai (in legno o rigido); e copertura (volta, in legno o rigido, o roccia scavata). La quarta parte è la documentazione fotografica o planimetrica (fig. 1).

representative case studies will be analyzed. Here the development of the three phases will be presented in three typologically different churches: the *San Nicola dei Greci* church, fully excavated in the rock; the *Santa Maria de Armenis* church, which is part-excavated and part-built; and the *San Pietro Caveoso* church, which is completely built.

1. Classification methodology: survey form for the technological identification and characterization of the churches in the Matera Sassi site

There is a strong material continuity in Matera, due to the use of the same tuff stone for building the walls and vaults, from the first housing constructions to public buildings like churches. Giuffrè and Carocci (1997) defined the traditional constructive system as a three-leaf masonry with a conglomerate of stone flakes and mortar in between, from 50 to 120 cm thick. Consequently with the Giuffrè code and with the experience gain by restoring buildings in the Sassi of Matera, for addressing the characterization of the churches a survey form was developed, it is divided in four parts, the first one includes a general identification of the building: localization map, property information, typological classification, original and actual use, legal protection, historic resume including alterations or changes in the structure, architectonic description, general dimensions and floor plan.

The second part aims to characterize the vertical elements of the church, starting with the general morphology which in Matera may be: built, built and excavated, or fully excavated in the limestone rock. Then, a classification of the exterior walls is defined by identifying the type, material and shape of the stones, and the typology of the wall which may be: irregular masonry; three-leaf masonry with rubble inside; regular cut stone masonry in soft stone; masonry of square stone blocks (limestone, sandstone); among others. After, a classification of the surfaces and the general decay of the walls is defined. The third part of the form aims to characterize the horizontal elements of the church: the typology, material, manufacture and degradation of the floor surface and the roofing, which may be: vault, wooden, rigid or the excavated rock. The fourth part is the graphic back-up (fig. 1).

2. Valutazione semplificata del rischio sismico

2.1 – Metodo LV1 (DCCM 2011)

Nelle *Linee guida per la valutazione e riduzione del rischio sismico del patrimonio culturale* si è proposto la procedura LV1 per definire un indice di vulnerabilità della tipologia chiese, basato nell'analisi di 28 meccanismi di collasso. L'indice di vulnerabilità è dato dalla Eq. (1), in cui v_{ki} è il punteggio dell'indicatore di fragilità, v_{kp} è il punteggio dei presidi antisismici, e ρ_k è il peso di ogni meccanismo di collasso.

$$i_v = \frac{1}{6} \frac{\sum_{k=1}^{28} \rho_k (v_{ki} - v_{kp})}{\sum_{k=1}^{28} \rho_k} + \frac{1}{2} \quad (1)$$

Dopo, l'Eq. (2) e l'Eq. (3) consentono di calcolare i valori di accelerazione del suolo che porta allo stato limite di danno (SLD) ed allo stato limite di salvaguarda della vita (SLV). Successivamente, l'indice di sicurezza (IS) è calcolato dividendo l'accelerazione corrispondente allo stato limite per l'accelerazione di picco al suolo. L'edificio è in condizione di sicurezza quando l'indice è maggiore o uguale a 1.

$$a_{SLD} S = 0.025 \cdot 1.8^{2.75-3.44i_v} \quad (2)$$

$$a_{SLV} S = 0.025 \cdot 1.8^{5.1-3.44i_v} \quad (3)$$

2.2 - Metodo Díaz (2015)

Recentemente, un metodo semplificato alternativo è stato proposto, indirizzato a valutare tutte le pericolosità generiche (non solo quella sismica) e dei rischi che ne derivano per gli edifici storici. Questo metodo semplificato può essere applicato attraverso i seguenti strumenti: lo strumento 1: scheda di valutazione della vulnerabilità sismica; e lo strumento 2: descrizione, gerarchia e mappatura delle pericolosità.

Lo strumento 1 valuta parametri quali: la posizione dell'edificio e la tipologia di fondazione; la configurazione in pianta o geometria; la configurazione in elevazione; il tipo, organizzazione e qualità del sistema resistente; le alterazioni nel sistema costruttivo e nell'ambiente; tra altri. Tutti i parametri vengono valutati con un punteggio (v) ed ogni parametro ha un peso (p) che dipende dalla misura in cui questo influenza il comportamento sismico dell'edificio. L'indice di vulnerabilità (VI) è dato dall'Eq. (4).

2. Simplified assessment of seismic risk

2.1 – LV1 method (DCCM 2011)

The Italian Guidelines on Cultural Heritage have proposed the LV1 procedure to define a vulnerability index in the churches typology, based on the analysis of 28 collapse mechanisms in individual macro-elements. The vulnerability index is given by Eq. (1), where v_{ki} is the score of the fragility indicator, v_{kp} is the score of the anti-seismic devices, and ρ_k is the weight of each collapse mechanism.

$$i_v = \frac{1}{6} \frac{\sum_{k=1}^{28} \rho_k (v_{ki} - v_{kp})}{\sum_{k=1}^{28} \rho_k} + \frac{1}{2} \quad (1)$$

After, the Eq. (2) and Eq. (3) allow to calculate the values of ground acceleration corresponding to the damage limit state (SLD) and the life-safety limit state (SLV). Then the security index (IS) is calculated by dividing the acceleration corresponding to the limit state by the maximum ground acceleration. The building is in a safe condition when the security index is greater than or equal to 1.

$$a_{SLD} S = 0.025 \cdot 1.8^{2.75-3.44i_v} \quad (2)$$

$$a_{SLV} S = 0.025 \cdot 1.8^{5.1-3.44i_v} \quad (3)$$

2.2 – Díaz method (2015)

Recently an alternative simplified method has been proposed, addressed to evaluate all the generic threats (not only the seismic one) and the resulting risks for historic buildings. In particular, this simplified method may be applied by the means of the following tools: tool 1: seismic vulnerability assessment form; and tool 2: description, hierarchy and hazard mapping.

The tool 1 evaluates parameters such as: the position of the building and its foundations; the floor plan configuration or geometry; the elevation configuration; the type, organization and quality of the resistant system; the alterations in the construction system; among others. All the parameters are evaluated with a score (v) and each parameter has a weight (p), related with their importance in the seismic behavior of the building. The vulnerability index (VI) is given by Eq. (4).

$$VI_j = \sum_{i=1}^n v_{j,i} p_i \quad (4)$$

On the other hand, the tool 2 assesses the seismic hazard by considering: the maximum *Mercalli Intensity*

$$VI_j = \sum_{i=1}^n v_{j,i} P_i \quad (4)$$

Inoltre, lo strumento 2 valuta la pericolosità sismica considerando: *la massima Intensità Mercalli* e la minaccia di *frana o di frattura della roccia*. I processi continui quali: *erosione, stress fisico, inquinamento atmosferico*, la minaccia *socio-organizzativa* ed il *grave declino demografico* relazionati con la mancanza di manutenzione sono anche analizzati, perché la loro principale conseguenza è il deterioramento del materiale. Tutti i parametri hanno un punteggio in base all'influenza della minaccia, come effetto di sito, nel comportamento sismico dell'edificio. Il rischio derivante è definito come: Rischio (R) = Vulnerabilità (V) x [Pericolosità (P) +1].

3. Applicazione delle procedure nei casi studio

3.1 Metodo di classificazione

Utilizzando diversi riferimenti, a questo punto della ricerca sono state identificate 33 chiese: 5 completamente scavate, 10 scavate-costruite, e 18 costruite (fig. 2).

La chiesa di San Pietro Caveoso (fig. 3) corrisponde alla tipologia costruita, è divisa in tre navate con quattro cappelle sulla navata sinistra. Per quanto riguarda le chiusure verticali, sono in muratura a sacco con pietre lavorate e diatoni, e presentano la loro superficie a vista. In termini di patologie, ci sono alcune fessure isolate nella facciata, infiltrazioni d'umidità esteriore e umidità di risalita capillare. Riguardo alle chiusure orizzontali, la pavimentazione presenta una finitura di piastrelle in ceramica e il sistema di copertura è composto di una struttura portante lignea, celata da una controsoffittatura dello stesso materiale sulla navata principale e da volte a crociera dello stesso tufo impiegato per le murature nelle navate laterali. Le chiusure orizzontali non presentano degrado.

La chiesa di Santa Maria de Armenis (fig. 1 e 3) corrisponde alla tipologia scavata-costruita ed è divisa in due spazi principali. Per quanto riguarda le chiusure verticali, su tre lati queste coincidono con la roccia calcarea scavata; la facciata, invece, è una muratura a sacco con pietre lavorate e diatoni, con la superficie a vista. Per quanto riguarda le chiusure orizzontali, il pavimento è di mattoni cotti e la copertura è costituita da volte in tufo scavate nella roccia, affette dalle stesse patologie che colpiscono le pareti, provocate da infiltrazioni di acqua piovana.

La chiesa di San Nicola dei Greci (fig. 3)

and the *landslide or rock fracture* threat. The continuous processes such as: *erosion, physical stress, air pollution, socio-organizational threat and the serious demographic decline related with lack of maintenance* are analyzed as well, as their main consequence is the material deterioration. Every parameter has a score based on the influence of the threat, as a site effect, in the seismic behavior of the building. The resulting risk is defined according to the expression:

$$\text{Risk (R)} = \text{Vulnerability (V)} \times [\text{Hazard (H)}+1].$$

3. Application of the procedures to the case studies

3.1 Classification method

By using several references, at this point of the research 33 churches have been identified: 5 fully excavated, 10 built-excavated, and 18 built (fig. 2).

The church of *San Pietro Caveoso* (fig. 3) corresponds to the built typology, it is divided into three naves, having four chapels on the left nave. Regarding the constructive vertical elements, the walls are built with a three-leaf masonry with squared tuff stones without finishing. In terms of pathologies, there are some isolated fissures in the façade, exterior humidity infiltration and capillarity humidity. Regarding the horizontal elements, it has a ceramic pavement, a wooden structure in the main nave roofing, and groin vaults built with the same tuff stone in the lateral naves. The horizontal elements do not have evidence of decay.

The church of *Santa Maria de Armenis* (fig. 1 and 3) corresponds to the built and excavated typology and it is divided in two main spaces. Regarding the structural vertical elements of the church, three of them correspond to the excavated limestone rock, and the façade is a three-leaf masonry built with squared tuff stones without finishing. Regarding the horizontal elements, the floor has been recently covered by bricks, and there are vaults of squared tuff stones forming the roof under the excavated rock.

The church of *San Nicola dei Greci* (fig. 3) corresponds to the fully excavated typology, it is divided by monolithic columns. Regarding the constructive vertical elements of the church, three of them correspond to the excavated limestone rock, having the façade a column made in situ with the same tuff rock. Regarding the horizontal elements, the original floor and roofing is basically the same excavated rock but shaping a vault in the ceiling, which has the same pathologies of the walls due to the infiltration of rainfall water.

The main pathologies observed in both excavated

corrisponde alla tipologia completamente scavata, è divisa da colonne monolitiche. Per quanto riguarda le chiusure verticali della chiesa, anche in questo caso, tre lati coincidono con la roccia calcarea scavata e, in facciata, un monumentale pilastro roccioso è stato realizzato in situ con lo stesso materiale. Tutte le superfici sono coperte da affreschi. Per quanto riguarda le chiusure orizzontali, il pavimento originale e la copertura sono fondamentalmente la stessa roccia scavata, ma con forma di volta nella copertura, e hanno le stesse patologie delle pareti dovute alle infiltrazioni d'acqua piovana.

Le principali patologie di entrambe le chiese scavate sono: la presenza di una patina biologica, muschi, licheni, alterazioni cromatiche ed efflorescenze saline, a causa d'umidità di infiltrazione.

3.2 Strumenti 1 e 2 (Díaz 2015)

Siccome i tre casi studio hanno la stessa localizzazione nei Sassi di Matera, la pericolosità sismica è simile però aumentata dalle condizioni del sito. Per quanto riguarda l'Intensità Mercalli, la massima osservata a Matera è uguale a VII. Inoltre, il burrone Gravina di Matera ha il rischio idrogeologico più elevato della regione aumentando la possibilità di frattura della roccia in caso di un forte terremoto. Questa condizione è aumentata in Santa Maria de Armenis ed in San Nicola dei Greci.

Per applicare lo strumento 1 ai casi studio, sono stati valutati i 13 parametri. Per quanto riguarda la chiesa di San Pietro Caveoso, le sue principali vulnerabilità sono: l'asimmetria in pianta, perché la larghezza della navata della chiesa è 13.39 m mentre la sua lunghezza è di 42.88 m; la configurazione in elevazione, perché ha un campanile che è 40% più alto dalla totale altezza dell'edificio; la distanza tra le pareti, a causa della snellezza di alcuni muri, la grande apertura nell'accesso e la vicinanza di alcune aperture ai bordi della struttura.

Inoltre, le principali vulnerabilità della chiesa di Santa Maria de Armenis sono: la sua posizione sulla roccia ma su una pendenza del 42,2%; la grande cappella laterale che costituisce una asimmetria in pianta; il tipo e l'organizzazione del sistema resistente, perché vi è un buon collegamento tra la maggior parte delle pareti, ma non tra la muratura e la roccia della grotta; la copertura, perché la chiesa ha volte provocando spinte e non ha una struttura orizzontale continua per collegare la facciata con la roccia scavata; e lo stato di conservazione, a causa della patina biologica localizzata ed efflorescenze.

D'altra parte, le principali vulnerabilità della

churches are: the presence of a biologic patina, mosses, lichens, chromatic alteration and saline efflorescence, due to the humidity infiltration

3.2 Tool 1 and tool 2 (Díaz 2015)

Due to the same location of the three case studies, near the ravine of the Matera *Sassi* site, the seismic hazard is similar but it is increased by site conditions. As regards the Mercalli Intensity, the maximum observed in Matera is equal to VII. Moreover, the gorge of Matera has the higher hydrogeological risk which may increase the possibility of rock fracture in case of a strong earthquake. This condition is increased in *Santa Maria de Armenis* and in *San Nicola dei Greci*.

In order to apply the tool 1 to the case studies, the 13 parameters were evaluated. Regarding the church of *San Pietro Caveoso*, the main vulnerabilities of the church are: the asymmetry in the floor plan, because the width of the nave of the church is 13.39 m while its length is 42.88 m; the elevation configuration, because has a bell tower which is more than 40% higher than the total high of the building; the distance between the walls, due to the slenderness of some walls, the large opening in the access and the proximity of some openings to the structure edges.

As regards the church of *Santa Maria de Armenis*, the main vulnerabilities are: the position of the building on rock but on a slope of 42,2%; the large chapel that constitutes an asymmetry in the floor plan; the type and organization of the resistant system, because there is a good connection between most of the walls, but not between the masonry walls and the rock of the cave; the roofing, because the church has vaults provoking thrusts and does not have a continuous horizontal structure connecting the façade wall with the excavated rock; and the conservation status, due to the localized biologic patina and efflorescence.

On the other hand, the main vulnerabilities of the fully excavated church, *San Nicola dei Greci* are: it has a chapel that constitutes an asymmetry in the floor plan that increases its vulnerability to an earthquake; regarding the elevation configuration, a recent masonry construction was built above the church, implying an overweight and a discontinuity in terms of stiffness; the conservation status, due to the karst process and biologic patina, which might be provoking a weakening of the columns for the loss of material. In terms of constructive system it should respond well to the seismic action due to the perfect structural continuity between the rock-roof and the rock-walls and the contrasted thrusts of the arcs

chiesa completamente scavata, San Nicola dei Greci, sono: l'asimmetria in pianta, determinata dalla presenza di una cappella; la configurazione in elevazione mutata nel tempo, a seguito di una recente costruzione in muratura realizzata al di sopra della chiesa, responsabile di un sovrappeso e una discontinuità in termini di rigidità; lo stato di conservazione, a causa del processo carsico e patina biologica, che potrebbero stare provocando un indebolimento delle colonne per la perdita di materiale. In termini di sistema costruttivo, invece, la chiesa dovrebbe rispondere bene alla azione sismica, per la perfetta continuità strutturale tra tutte le sue parti, e perché lo stesso ammasso roccioso contrasta le spinte degli archi e delle volte.

Queste valutazioni sono state quantificate sulla base di un punteggio e peso per ogni parametro (Díaz 2015). Il punteggio totale del rischio sismico è indicato nella Tabella 1.

3.3 Metodo LV1 (DCCM 2011)

I meccanismi di collasso analizzati in termini di presenza di elementi di vulnerabilità o caratteristiche antisismiche in San Pietro Caveoso sono stati 15, ed i più vulnerabili sono stati: i meccanismi nel piano in sommità della facciata per la presenza di grandi aperture; la risposta trasversale della navata per la presenza di volte ed archi senza dispositivi antisismici come contrafforti esterni o catene trasversali metalliche; e le interazioni per irregolarità in elevazione, per la possibilità d'azioni concentrate trasmesse dagli elementi di collegamento.

Siccome Santa Maria de Armenis è formata da spazi scavati nella roccia, ed è chiusa sul fronte est da una facciata in muratura a sacco con pietre lavorate di tufo, tra i 28 meccanismi di collasso noti in letteratura, il ribaltamento semplice della facciata è l'unico scenario che ragionevole potrebbe verificarsi. In questo caso, la scarsa connessione tra la facciata in muratura e la roccia scavata rende autonomo il comportamento del macro-elemento facciata, quando colpito dall'azione sismica.

Dopo aver applicato l'Eq. (1), l'indice di vulnerabilità è stato ottenuto per San Pietro Caveoso e Santa Maria de Armenis, e le accelerazioni sismiche che portano la struttura al raggiungimento dello stato limite di salvaguarda della vita e di danno sono state date dalle Eq. (2) e (3). I risultati sono mostrati nella Tabella 1, essendo solo San Pietro Caveoso in condizioni di sicurezza. Poiché San Nicola dei Greci è completamente scavata nella roccia, la vulnerabilità sismica è completamente collegata al livello di stabilità / instabilità del sistema sotterraneo, pertanto, la procedura LV1 non è

and vaults by the rock mass.

These evaluations have been rated based on a score and weight for each parameter (Díaz 2015). The total score of seismic risk is shown in Table 1.

3.3 LV1 method (DCCM 2011)

The collapse mechanisms analyzed in terms of the presence of vulnerability elements or anti-seismic features in *San Pietro Caveoso* were 15, and the most vulnerable were: the mechanisms in plane and in the top of the façade for the presence of large openings; the transversal response of the nave for the presence of vaults and arches without anti-seismic devices as exterior buttresses or transversal metal chains; and the interactions in proximity of irregularities in elevation, due to the possibility of concentrated actions transmitted by the connection element.

As *Santa Maria de Armenis* is formed by spaces excavated in the rock, and it is closed on the east front by a three-leaf masonry façade of squared tuff stone, among the 28 collapse mechanisms known in the literature, the simple façade overturning is the only reasonable scenario that may occur. In this case, the scarce connection between the masonry façade and the excavated rock makes autonomous the behavior of the façade macro-element when affected by the seismic action.

After applying the Eq. (1), the vulnerability index was obtained for *San Pietro Caveoso* and *Santa Maria de Armenis*, and the acceleration to achieve the life-safe limit state and damage limit state was given by Eq. (2) and (3). The outcomes are shown in Table 1 resulting only *San Pietro Caveoso* in a safe condition.

On the other hand, as *San Nicola dei Greci* is fully excavated in the rock mass, the seismic vulnerability is completely linked to the level of stability/instability of the underground system, therefore, the LV1 procedure is not applicable because it is not possible to identify portions or macro-elements performing an autonomous behavior in the building under seismic action.

4. Conclusions

In this paper, part of the ongoing analysis of the churches in the Matera Sassi site has been shown by the technological characterization and seismic risk assessment of three case studies.

Regarding the application of the tool 1 (seismic vulnerability), it was noticed that *San Pietro Caveoso* and *San Nicola dei Greci* had a similar vulnerability index mainly due to the quality of their resistant system,

applicabile in quanto non è possibile identificare porzioni o macro-elementi che svolgano un comportamento autonomo nella costruzione sotto l'azione sismica.

4. Conclusioni

In questo articolo è stata mostrata una parte delle analisi in fase di sviluppo riguardanti le chiese nei Sassi di Matera, attraverso la caratterizzazione tecnologica e la valutazione del rischio sismico di tre casi studio. Per quanto riguarda l'applicazione dello strumento 1 (vulnerabilità sismica), si è notato che San Pietro Caveoso e San Nicola dei Greci avevano un indice di vulnerabilità simile principalmente a causa della qualità del loro sistema resistente, la chiesa costruita a causa del recente consolidamento, e la chiesa scavata a causa della continuità materiale ed il suo comportamento monolitico. Invece, la chiesa di Santa Maria de Armenis ha ottenuto il più alto indice di vulnerabilità a causa della scarsa connessione tra la facciata in muratura e la roccia, ed anche per la sua posizione sulla pendenza. Inoltre, nell'applicazione dello strumento 2 (pericolosità sismica) il parametro che ha costituito la differenza principale tra i casi studio è stata la minaccia di frattura della roccia.

Per quanto riguarda l'applicazione della procedura LV1, la chiesa costruita ha avuto una condizione di sicurezza, mentre la chiesa scavata-costruita ha avuto una condizione vulnerabile a causa del meccanismo di ribaltamento della facciata. Tuttavia, lo spessore non-visibile di volte e pareti scavate nella roccia, così come le difficoltà nella determinazione dei carichi e le sollecitazioni agenti sugli elementi, rende problematica l'applicazione del metodo LV1 nelle chiese scavate. In più, le chiese completamente scavate hanno una vulnerabilità bassa all'azione sismica. Per entrambe le tipologie scavate nasce l'importanza della valutazione della pericolosità sismica, valutata attraverso il metodo Díaz, per quanto riguarda la minaccia di frattura della roccia ed i processi continui che causano il suo deterioramento.

In conclusione, le tre procedure sono complementari, visto che permettono di elaborare una prima caratterizzazione, una priorità numerica, e da un punto di vista qualitativo, permettono di individuare le principali vulnerabilità e le minacce caso per caso, ciò che potrebbe guidare i progetti di mitigazione e di conservazione preventiva.

the built church due to the recent consolidation, and the excavated church due to the material continuity and monolithic behavior. Instead, the church of *Santa Maria de Armenis* obtained the higher vulnerability index due to the scarce connection between the façade masonry wall and the rock cave, and due to the location on a slope. As regards the application of the tool 2 (seismic hazard) the parameter which established the main difference between the case studies was the rock fracture threat.

Regarding the application of the LV1 procedure, the built church had a safe condition, while the built-excavated church had a vulnerable condition due to the façade overturning mechanism. However, the not-visible thickness of the vaults and walls carved into the rock, as well as the difficulties in the determination of the loads and stresses acting on the elements, makes problematic the application of the LV1 method in the excavated churches. Concerning the fully excavated churches, they present a low vulnerability to the seismic action. For both excavated typologies arises the importance of the seismic hazard assessment, evaluated by the Díaz procedure, specifically regarding the rock fracture threat and continuous processes deteriorating the limestone rock.

In conclusion, the three procedures are complementary, they allow making a first characterization and a numerical priority, and from a qualitative point of view, allow identifying the main vulnerabilities and threats case by case, which may guide the preventive conservation and mitigation projects.

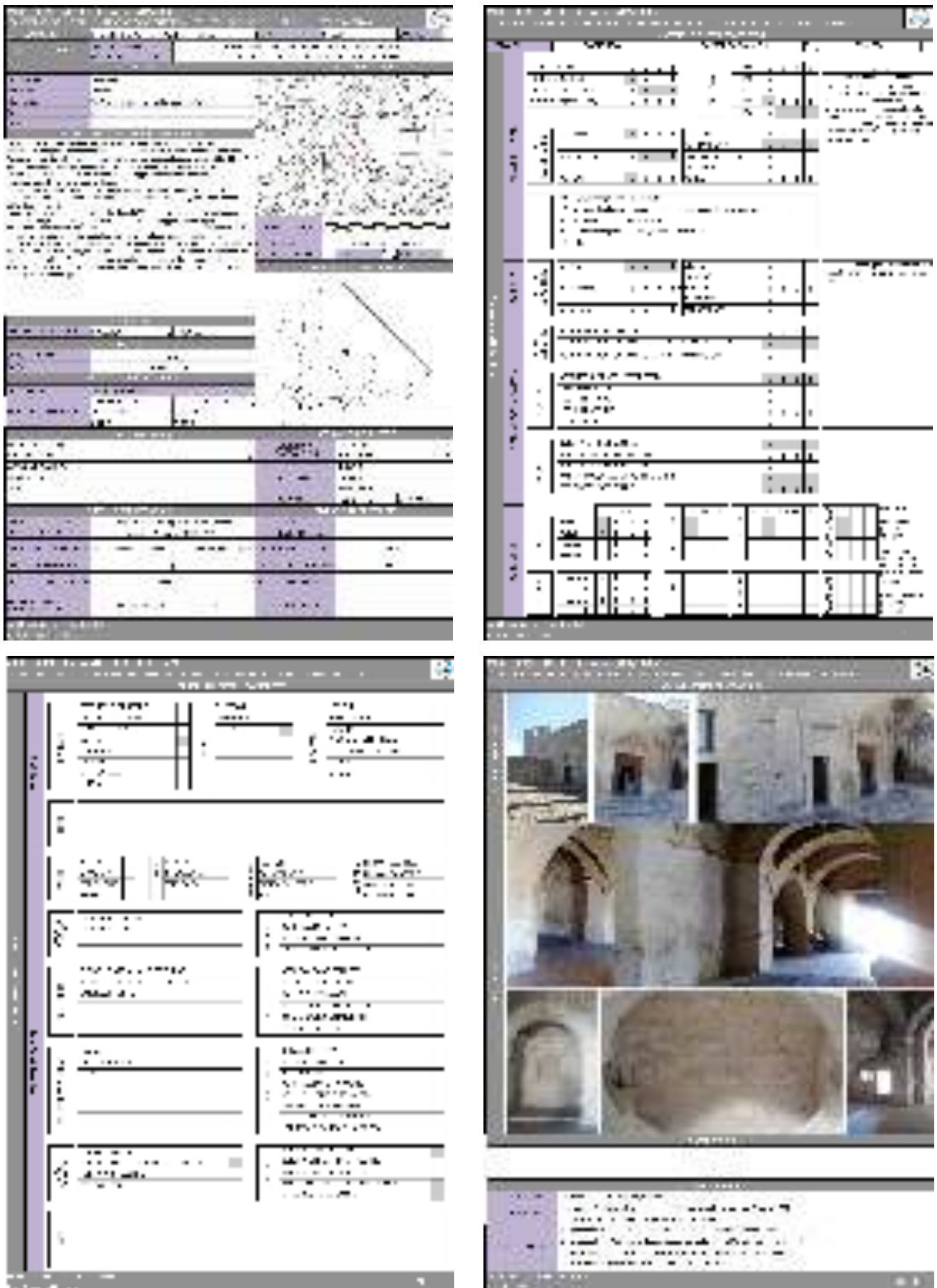


Figura 1: Scheda di caratterizzazione delle chiese dei Sassi di Matera per la valutazione della loro vulnerabilità sismica. Chiesa di Santa Maria de Armenis

Figure 1: Survey form for the characterization of the churches in the Matera Sassi site for the assessment of their seismic vulnerability. Church of Santa Maria de Armenis.



Figura 2: Prima individuazione delle chiese nei Sassi di Matera, divise in tipologie: scavata (in blu); scavata-costruita (in verde); e costruita (in rosso).

Figure 2: First identification of the churches in the Matera Sassi site, divided in typologies: fully excavated (in blue); built and excavated

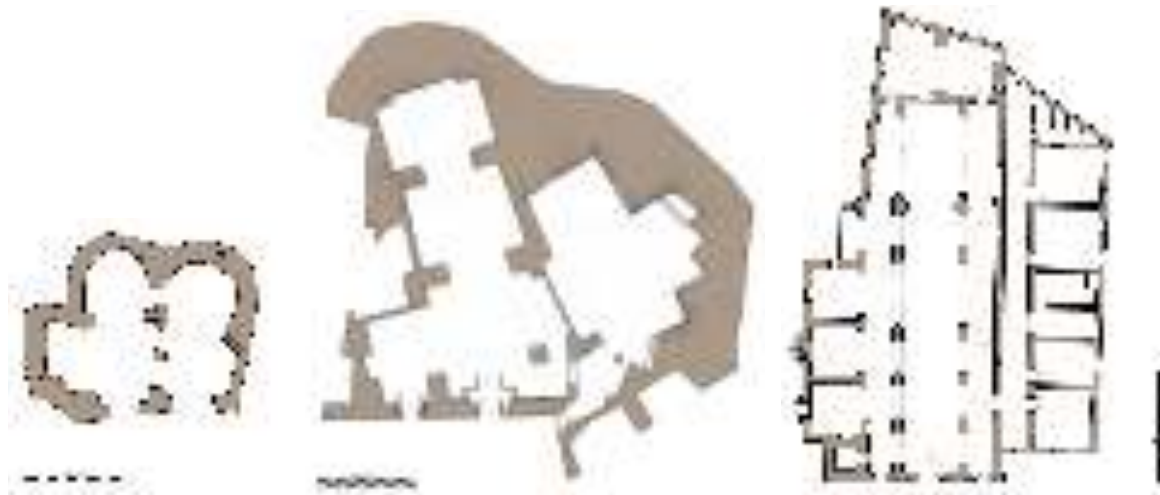


Figura 3: Pianta dei casi studio, dalla sinistra: San Nicola dei Greci; Santa Maria de Armenis; San Pietro Caveoso

Figure 3: Floor plan of the case studies, from the left: San Nicola dei Greci; Santa Maria de Armenis; San Pietro Caveoso

Parameters			Churches in the Matera Sassi site		
			San Pietro Caveoso	Santa Maria de Armenis	San Nicola dei Greci
V U L N E R A B I L I T Y	1	Position of the building and foundations	A	C	A
	2	Floor plan configuration or geometry	D	D	C
	3	Elevation configuration	D	A	C
	4	Distance between walls	D	A	0
	5	Non-structural elements	A	A	A
	6	Type and organization of the resistant system	A	C	A
	7	Quality of the resistant system	A	A	A
	8	Horizontal structures	0	0	0
	9	Roofing	B	D	A
	10	Conservation status	A	C	D
	11	Environmental alterations	B	B	A
	12	Construction system alterations	A	B	B
	13	Vulnerability to fire	B	A	A
Seismic vulnerability index (V)			23.24	40.73	22.89
H A Z A R D S	1	Maximum Mercalli Intensity	0.20	0.20	0.20
	2	Landslides / rock fracture	0.15	0.25	0.25
	3	Erosion	-	0.10	0.10
	4	Physical stress	-	-	-
	5	Air pollution	0.05	0.05	0.05
	6	Socio-organizational	0.05	0.05	0.05
	7	Serious demographic decline	-	-	-
Seismic hazard index (H)			0.45	0.65	0.65
TOTAL RISK [V x (H+1)]			33.70	67.20	37.77
L V I	iv		0.217	0.333	-
	a _{SLV} S		0.323 g	0.130 g	-
	a _{SLD} S		0.081 g	0.032 g	-
	a _g SLV		0.143 g	0.143 g	-
IS (a_{SLV}S / a_gSLV)			2.26	0.91	-

Tabella 1: Applicazione dello strumento 1, strumento 2 e procedura LV1
 Table 1: Application of the tool 1, tool2 and LV1 procedure

BIBLIOGRAFIA

DCCM - Directive of the Chairman of the Council of Ministers, 2011. *Seismic risk evaluation and reduction of the cultural heritage, in alignment with the Technical Rules for Constructions*, Official Gazette of the Italian Republic n. 47 (in Italian).

Díaz Daniela, 2015. *Diseño de herramientas de evaluación del riesgo para la conservación del patrimonio cultural inmueble. Aplicación en dos casos de estudio del norte andino chileno*. Ciudad de México: Publicaciones ENCRyM, 2016, 393p.

Giuffrè Antonino e Carocci Caterina, 1997. *Codice di pratica per la sicurezza e la conservazione dei Sassi di Matera*. Matera: Edizioni La Bauta.

La Scaletta, 1966. *Le chiese rupestri di Matera*. Matera: De Luca Editori.

Motta Camilla e Padula Mauro, 1994. *San Pietro Caveoso*, Matera: BMG Editrice.

Tommaselli Mario, 2002. *Chiese rupestri di Matera e del suo territorio*. Lecce: Capone Editore.

Tommaselli, Mario, 1998. *Guida alle chiese rupestri del materano*. Matera: BMG Editrice.

UNISDR, 2009. *Terminology on disaster risk reduction, United Nations Office for Disaster Risk Reduction*. Geneva: UNISDR.

ACKNOWLEDGEMENTS

This research herein presented is granted by the ELARCH scholarship and mobility, a project funded under the Erasmus Mundus Action 2 Partnership (EMA2) by the European Commission, and coordinated by the University of Basilicata (www.elarch.org). ELARCH project: Reference number 552129-EM-1-2014-1-IT-ERA MUNDUS-EMA21 funded with support of the European Commission. This document reflects the view only of the author, and the Commission cannot be held responsible for any use which may be made of the information contained therein.



***“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