



Colloqui.AT.e 2020

# New Horizons for Sustainable Architecture

# Nuovi orizzonti per l'architettura sostenibile

Editors

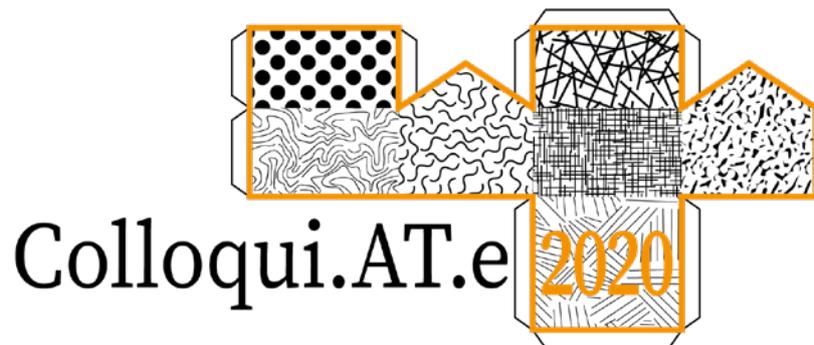
Santi Maria Cascone

Giuseppe Margani

Vincenzo Sapienza







**NEW HORIZONS  
FOR SUSTAINABLE ARCHITECTURE  
NUOVI ORIZZONTI  
PER L'ARCHITETTURA SOSTENIBILE**

Editors

Santi Maria Cascone, Giuseppe Margani, Vincenzo Sapienza

*10 dicembre 2020*

*Virtual meeting*

*Organizing Institution: University of Catania*

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.

Gli articoli pubblicati, i cui contenuti sono stati dichiarati originali dagli autori stessi, sono stati sottoposti ad un processo di *double-blind peer review*.

Negli articoli l'asterisco accanto al cognome di un autore indica il referente al quale indirizzare la corrispondenza.

The editors, the publisher, the organizers and the Scientific Committee cannot be held responsible either for the content or for the opinions expressed in the articles.

Published articles, whose contents have been declared original by the authors themselves, have been subjected to a double-blind peer review process.

In the articles, the asterisk next to the surname of an author indicates the contact person to whom correspondence should be addressed.

Il volume è a cura di / The volume was edited by:

*Santi Maria Cascone, Giuseppe Margani, Vincenzo Sapienza*

EdicomEdizioni  
Monfalcone (Gorizia)  
tel. 0481/484488  
fax 0481/485721  
info@edicomedizioni.com  
www.edicomedizioni.com  
www.edicomstore.it

© Copyright EdicomEdizioni

Vietata la riproduzione anche parziale di testi, disegni e foto se non espressamente autorizzata. Tutti i diritti sono riservati a norma di legge e delle convenzioni internazionali.

The reproduction, even partial, of texts, drawings and photos is forbidden unless expressly authorized. All rights are reserved by law and international conventions.

ISBN 978-88-96386-94-1

Prima edizione dicembre 2020 / First edition December 2020

# Contents

## Indice

INTRODUCTION	18
INTRODUZIONE	20

### A – CONSTRUCTION HISTORY AND PRESERVATION

#### HISTORY OF CONSTRUCTION

NOTE SULLE COSTRUZIONI PREFABBRICATE TEMPORANEE ITALIANE DEGLI ANNI TRENTA E QUARANTA <b>L. Greco</b>	24
INDUSTRIALIZZAZIONE “SU MISURA”: LE SCUOLE-PILOTA DI LUIGI PELLEGRIN (1967-1975) <b>I. Giannetti</b>	35
DAL TELAIO AL PANNELLO (1940-1950). SPERIMENTAZIONE NELL’EDILIZIA RESIDENZIALE PREFABBRICATA SOVIETICA <b>A. Bertolazzi, U. Turrini, G. Croatto, G. Dorigatti, F. Chinellato, L. Petriccione</b>	48
STAZIONI E FERROVIE COME <i>WORLD HERITAGE SITES</i> . IL PROGETTO DI CONOSCENZA E RECUPERO DELLA PRIMA STAZIONE BAYARD A NAPOLI <b>P. Cucco</b>	62
L’ATTUALITÀ DEL MOTTO “DOV’ERA E COM’ERA”. LA RICOSTRUZIONE SOSTENIBILE DI MONUMENTI E CENTRI STORICI COME STRATEGIA DI COESIONE SOCIALE E TRASFERIMENTO DI VALORI STORICO-CULTURALI <b>F. Ribera, P. Cucco</b>	75
LA SICILIA E LA SCUOLA ITALIANA DI INGEGNERIA: PONTI E GRANDI STRUTTURE (1830-1980) <b>F. Cammarata</b>	86
EVOLUZIONE DEI LINGUAGGI ARCHITETTONICI TRA ’800 E ’900 NELLE CENTRALI IDROELETTRICHE DELLA VAL CELLINA <b>L. Petriccione, F. Chinellato, G. Croatto, U. Turrini, A. Bertolazzi</b>	104
IL SISMA E IL PATRIMONIO STORICO CULTURALE. IL CASO DELLA CHIESA DEL SANTUARIO DELLA MADONNA DELL’AMBRO <b>G. Di Mari, E. Garda, C. Montenovo, A. Renzulli</b>	120
PER IL RILIEVO E LO STUDIO DI MURATURE NEL CENTRO ITALIA POST TERREMOTO, IL CASO DELLA VALLE DEL TRONTO <b>C. Braucher</b>	136
IL CINEMA-TEATRO DI TORVISCOSA: TIPOLOGIA, MATERIALI, TECNICHE E STATO DI CONSERVAZIONE <b>M.V. Santi, S. Vallan, A. Frangipane</b>	151
PROMENADE SU VIA SÃO BENTO A SAN PAOLO, BRASILE: UNA RIFLESSIONE SUL PATRIMONIO CULTURALE <b>R.H. Vieira Santos</b>	164

QUALITÀ EDILIZIA DEGLI ANNI '60: LE CASE GESCAL DI COSENZA <b>A. Campolongo, V. Guagliardi</b>	176
LE COPERTURE LIGNEE DELLA CATTEDRALE DI PALERMO. CONOSCENZA E VALORIZZAZIONE COMPATIBILE <b>C. Vinci, D. Giardina</b>	189
IL RIUSO DEI MATERIALI BELLICI IN ARCHITETTURA. LE PIERCED STEEL PLANK <b>A. Pagliuca, D. Gallo, P. P. Trausi</b>	201
RILEGGERE L'ESPERIENZA INA-CASA: UN NUCLEO EDILIZIO NEL QUARTIERE NESIMA A CATANIA <b>A. Moschella, A. Salemi, A. Lo Faro, A.A. Mondello, A. Roccasalva</b>	211
<b>TOOLS AND METHODS FOR KNOWLEDGE AND GRAPHIC REPRESENTATION</b>	
ARCHIVI DIGITALI GEOREFERENZIATI: ANALISI E RAPPRESENTAZIONE DELLO SVILUPPO DELL'EDILIZIA RESIDENZIALE A BOLOGNA NELLA SECONDA METÀ DEL NOVECENTO <b>A. C. Benedetti, C. Costantino, R. Gulli</b>	225
STRUMENTI BIM PER L'ANALISI TERMICA DEL PATRIMONIO EDIFICATO ESISTENTE <b>R. Agliata, R. Macchiaroli, L. Mollo</b>	241
EXTENDED REALITY (XR) AND ARCHITECTURAL DESIGN PROCESS <b>S. Ahmadzadeh Bazzaz, A. Fioravanti</b>	252
<b>CONSTRUCTION TECHNIQUES AND PERFORMANCE IN EXISTING BUILDINGS</b>	
GLI ISTITUTI DI ELETTRONICA, AUTOMATICA, GEOFISICA E ARTE MINERARIA DELLA FACOLTÀ DI INGEGNERIA DELLA "SAPIENZA" – STRATEGIE PER UN INTERVENTO DI RIQUALIFICAZIONE ENERGETICA <b>M. Pugnaletto, C. Paolini</b>	262
STORIA DELL'EDILIZIA BOLOGNESE TRA LE DUE GUERRE, 1920-1940 <b>C. Costantino, A.C. Benedetti, G. Predari</b>	277
VINCENZO SINATRA E L'ARTE DEL COSTRUIRE CON LE PIETRE SACRE <b>C. Fianchin</b>	292
AN ENERGY-RESILIENT METHODOLOGY IN CLIMATE CHANGING CHALLENGE FOR HISTORIC DISTRICTS. THE CASE OF A MEDITERRANEAN HISTORIC CENTER <b>E. Cantatore, F. Fatiguso</b>	306
LA BIBLIOTECA TECNICO-SCIENTIFICA NEL CAMPUS DI FISCIANO DELL'UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI SALERNO DI NICOLA PAGLIARA <b>C. Sicignano</b>	326
UNA PUNTEGGIATA DI PIETRA IN SIMBIOSI CON IL PAESAGGIO RURALE E URBANO IN SICILIA. ABBEVERatoi, FONTANE, LAVatoi PUBBLICI E CISTERNE NELLA TRADIZIONE COSTRUTTIVA <b>T. Campisi, A. D'Amore, M. Saeli</b>	336
TAMPONATURE PORTATE IN ELEMENTI PREFABBRICATI IN OFFICINA <b>R. Lione, F. Minutoli</b>	350
CENTRI URBANI E VULNERABILITÀ SISMICA. IL CENTRO STORICO DI CATANIA <b>G. Lombardo</b>	368

CINA ITALIA, METODOLOGIE DIFFERENTI DI COSTRUIRE CON LA TERRA CRUDA <b>A. Guida, G. Bernardo, G. Pacente</b>	384
LA VALUTAZIONE DELLA VULNERABILITÀ COME STRATEGIA PER LA RICOSTRUZIONE POSTSISMICA DEL CENTRO ITALIA. IL CASO STUDIO DEL CENTRO STORICO DI CALDAROLA <b>L. Bernabei, G. Mochi, G. Predari</b>	398
<b>SUSTAINABLE RETROFITTING OF MODERN AND PRE-MODERN HERITAGE</b>	
IL RECUPERO SOSTENIBILE DEL MODERNO: UN FUTURO POSSIBILE PER IL GRATTACIELO RAI DI TORINO <b>E. Chiffi, G. Di Mari, E. Garda, A. Renzulli</b>	411
RIGENERAZIONE BIOCLIMATICA ED AMBIENTALE DEGLI SPAZI APERTI DEL VILLAGGIO SAN LUCA (MS) <b>B. Gherri, V. Maranhao, D. Poletti</b>	428
INTEGRATED AND SUSTAINABLE RENOVATION OF RC FRAMED BUILDINGS THROUGH A NEW TIMBER-BASED ENVELOPE TECHNOLOGY <b>G. Margani, G. Evola, C. Tardo, E.M. Marino</b>	445
PENSIERO <i>LOW TECH</i> /AZIONE <i>LOW COST</i> . UN PROGETTO IN AUTOCOSTRUZIONE PER GLI SPAZI DELLA SCUOLA DI ARCHITETTURA DI CAGLIARI <b>C. Atzeni, S. Cadoni, A. Dessi, F. Marras</b>	457
PONTI TERMICI NELL'EDILIZIA STORICA IN AMBIENTE MEDITERRANEO: VALUTAZIONI E PROPOSTE DI INTERVENTO <b>A. Lo Faro, G. Evola, A. Salemi, V. Costantino</b>	470
UNA METODOLOGIA PER LA VALUTAZIONE DELLA SICUREZZA DELLE FACCIATE DEGLI EDIFICI STORICI <b>G. Ruggiero, R. Marmo, M. Nicoletta</b>	488
PATRIMONIO LIQUIDO: STRATEGIE PROGETTUALI PER LA SOSTENIBILITÀ FUTURA DELLE SALINE DI SANTA POLA <b>S. D'Urso, S. Leanza</b>	500
THERMAL IMPROVEMENTS OF EXISTING REINFORCED CONCRETE BUILDINGS BY AN INNOVATIVE PRECAST CONCRETE PANEL SYSTEM <b>S. Martiradonna, F. Fatiguso, I. Lombillo</b>	517
UN APPROCCIO SOSTENIBILE ALLA RIQUALIFICAZIONE DEL PATRIMONIO DI EDILIZIA PUBBLICA RESIDENZIALE: ANALISI ENERGETICA SPERIMENTALE E NUMERICA ED ANALISI ARCHITETTONICA <b>F. Rosso, A. Peduzzi, L. Diana, S. Cascone, C. Cecere</b>	529
LA CONOSCENZA DEL MATERIALE E DELL'OPERA PER UNA GESTIONE E UN RECUPERO SOSTENIBILE DEI MANUFATTI LAPIDEI: METODO E APPLICAZIONE SULL'INVOLUCRO DI MARMO DELLA CASA DELLE ARMI DI LUIGI MORETTI <b>M. Ferrero, G. Arena, J. Navarro Navarro, F. Rosso, N. Vannucchi</b>	548
PROTO-BIOCLIMATICA E MOVIMENTO MODERNO: SOLUZIONI FRANGISOLE IN ITALIA 1945-1965 <b>C. Mele, C. Franchini</b>	566
LA RIQUALIFICAZIONE INTEGRATA DEGLI EDIFICI SCOLASTICI ESISTENTI: UNA METODOLOGIA AHP-BASED PER IL SUPPORTO DECISIONALE <b>E. Sicignano, P. Fiore, C. Falce, G. Donnarumma, E. D'Andria</b>	582

## **MANAGEMENT AND ECONOMIC DEVELOPMENT OF BUILDING HERITAGE**

MODELLI INFORMATIVI PER IL SUPPORTO ALLA DECISIONE NELL'AMBITO DEL MIGLIORAMENTO ENERGETICO DEI PATRIMONI EDILIZI UNIVERSITARI <b>C. Cecchini, M. Morandotti</b>	595
RIGENERARE LE AREE INDUSTRIALI DISMESSE <b>M.P. Gatti, G. Cacciaguerra, A. Lorenzi</b>	609
STRATEGIE PER IL RECUPERO, LA GESTIONE E LA VALORIZZAZIONE DEI SITI ARCHEOLOGICI: IL CASO DELL'ANFITEATRO FLAVIO DI POZZUOLI <b>R. Castelluccio, A. Prota, G. Viotto, V. Vitiello</b>	620
RIFUNZIONALIZZAZIONE DEL PATRIMONIO CULTURALE PUBBLICO: IL CASO DEGLI OSPEDALI STORICI <b>L. Diana, F. Polverino</b>	634
CATALOGO DIGITALE E GESTIONE SMART DEL PATRIMONIO INDUSTRIALE DISMESSO IN BASILICATA <b>A. Guida, V.D. Porcari, A. Lanzolla</b>	653

## **B – CONSTRUCTION AND BUILDING PERFORMANCE**

### **SUSTAINABILITY IN PRODUCT, DESIGN AND PROCESS INNOVATION**

IMITARE PER COSTRUIRE: DALLA NATURA ALLA BIOMIMETICA <b>G. Ausiello, M. Compagnone, F. Sommese</b>	666
I PANNELLI IN SCHIUMA DI ALLUMINIO NELLE ARCHITETTURE SOSTENIBILI <b>G. Ausiello, M. Compagnone, F. Sommese</b>	680
JOINTECH: TECNOLOGIA PER COSTRUZIONI IN LEGNO MULTIPIANO <b>S.M. Cascone, A. Siragusa, G. Russo, N. Tomasello</b>	697
L'AGRICOLTURA VA IN CITTÀ. NUOVE FRONTIERE DELLA SOSTENIBILITÀ ALIMENTARE <b>G. Di Mari, E. Garda, C. Longo, A. Renzulli</b>	712
COSTRUIRE SOSTENIBILE: IL CASO STUDIO DEL COMPLESSO "VILLE LE DUE QUERCE" <b>D. Besana, G. Casubolo, M. Mastrangelo</b>	727
VALUTAZIONE COMPARATIVA DELLE PRESTAZIONI MECCANICHE DI MALTE CONFEZIONATE CON INERTI DA RICICLO <b>M. Nicoletta, C. Scognamillo, F. Vitale</b>	742
SLICE INNOVATIVE COMPONENTS FOR SMART BUILDING ENVELOPES <b>A. Astuti, F. Giusa, A. Monteleone, G. Rodonò, V. Sapienza, M. Voica</b>	757
LA FILIERA DEGLI ISOLANTI TERMICI SINTETICI VERSO LA CIRCOLARITÀ E L'INFORMATIZZAZIONE <b>A. Cernaro, O. Fiandaca</b>	771
PROGETTARE LA CAPACITÀ DI ASSORBIMENTO DI UMIDITÀ PER MIGLIORARE COMFORT INDOOR E SOSTENIBILITÀ – UN CASO STUDIO <b>S. Zanon, R. Albatici</b>	790

BIM 7D: LA DIMENSIONE DELLA SOSTENIBILITÀ NEI SISTEMI BIM IN OTTICA DI HEALTHY BUILDINGS A. D'Amico, E. Currà, M. Angelosanti, G. Colò	804
NUOVI STRUMENTI, NUOVE FORME: UNA STRUTTURA VERDE SU UN GRATTACIELO DI MADRID G.D'Angelo, M.Fumo	825
L'ECONOMIA CIRCOLARE E L'INDUSTRIA 4.0 PER LA SICUREZZA DEI LAVORATORI. UN NUOVO PRODOTTO MULTIFUNZIONALE M. Rotilio, P. De Berardinis	834
PROGETTAZIONE SOSTENIBILE DI ARCHITETTURE PER LA ZOOTECNIA: L'ALLEVAMENTO DEI BOVINI DA CARNE D. Bosia, L. Savio, F. Thiebat	848
ANALISI DELL'ISOLA DI CALORE URBANA E DEI SUOI EFFETTI SULLE PRESTAZIONI ENERGETICHE E DI COMFORT DEGLI EDIFICI. CASO DI STUDIO DELLA CITTÀ DI BARI F. Iannone, R. Casale	860
GREEN ROOF SYSTEMS: CHARACTERIZATION OF A LABORATORY TESTING METHOD FOR ASSESSING GROWING MEDIA THERMAL CONDUCTIVITY S. Cascone, A. Gagliano, R. Rapisarda, G. Sciuto	874
 <b>DIGITIZATION, ROBOTICS AND INDUSTRIALIZATION FOR SUSTAINABLE BUILDINGS</b>	
I COMPOSITI PULTRUSI: NUOVE FRONTIERE PER L'INGEGNERIA S.M. Cascone, C. Lagona, N. Tomasello	887
APPROCCIO COMPUTAZIONALE ALLA PROGETTAZIONE: DIGITALIZZAZIONE DEI PROCESSI INFORMATIVI PER L'ARCHITETTURA SOSTENIBILE V. Giannakopoulos, S. Garagnani, A. Fotopoulou, A. Ferrante	901
DIGITAL ASSET MANAGEMENT ENABLING TECHNOLOGIES: A BIBLIOMETRIC ANALYSIS L. Rampini, N. Moretti, F. Re Cecconi, M.C. Dejacó	919
 <b>LOW-COST AND LOW-CARBON ARCHITECTURE</b>	
LINEE GUIDA PER LA REALIZZAZIONE DI SCUOLE DELL'INFANZIA <i>CARBON ZERO</i> IN ITALIA F. Bazzocchi, C. Ciacci, V. Di Naso	932
POTENZIALE DI RISCALDAMENTO GLOBALE PER LE FASI DI COSTRUZIONE E GESTIONE DELLE SCUOLE DELL'INFANZIA <i>CARBON ZERO</i> IN ITALIA C. Ciacci, V. Di Naso	950
MATERIALI NATURALI PER L'ISOLAMENTO TERMICO DEGLI EDIFICI S.M. Cascone, N. Tomasello, M. Vitale	964
RIDUZIONE DELL'IMPATTO AMBIENTALE NEGLI EDIFICI ESISTENTI ATTRAVERSO L'USO DI COPERTURE A VERDE PENSILE L. Guardigli, E. Volpe, P. Buttol, P. Sposato	974
IL DEFICIT ABITATIVO IN ARGENTINA: UN APPROCCIO SISTEMICO ATTRAVERSO LA FILIERA DEL LEGNO P. Piantanida, C. Pilar, A. Vottari	992

UNA PROPOSTA SOSTENIBILE E <i>LOW-COST</i> PER IL <i>SOCIAL HOUSING</i> <b>L. Secchiari</b>	1006
ANALYSIS OF BUILDING ENVELOPE RETROFIT STRATEGIES FOR LOW-RISE HIGH-DENSITY RESIDENTIAL HOUSING STOCK IN FOUR INDIAN CLIMATE CONTEXTS <b>A. Sengupta, A.G. Mainini, G. Iannaccone</b>	1018
<b>METHODS AND TECHNIQUES FOR BUILDING MANAGEMENT AND MONITORING</b>	
AUDIT OF THE COOLING ENERGY PERFORMANCE OF AN OFFICE BUILDING RETROFITTED WITH THERMALLY ACTIVATED BUILDING SYSTEMS (TABS) <b>R. Laera, F. Iannone, I. Martínez Pérez, R. Tejedor López, L. de Pereda Fernández, R. Tendero Caballero</b>	1033
DEMOLIRE O RIQUALIFICARE? <i>LIFE CYCLE COST ANALYSIS</i> E PIANO DI MANUTENZIONE PER IL CASO DI STUDIO <i>PRO-GET-ONE</i> <b>M.A. Bragadin, M. D'Alesio, A. Ferrante</b>	1051
INFLUENZA DI MODELLI DI GESTIONE PER IL FUNZIONAMENTO DI SISTEMI OSCURANTI INTERNI SUL CONSUMO ENERGETICO E IL COMFORT LUMINOSO <b>N. Callegaro, S. Pontillo, R. Albatici</b>	1068
UN PROTOCOLLO DI INDAGINE PER LA GESTIONE DEL PATRIMONIO EDILIZIO ESISTENTE. LA TERMOGRAFIA A SUPPORTO DELLA DIAGNOSTICA <b>C. Marchionni, M. Rotilio, P. De Berardinis</b>	1084
MODELLAZIONE NUMERICA DEL PONTE TERMICO TRA PARETE IN CONGLOMERATO CEMENTIZIO ARMATO E SOLAIO DI INTERPIANO <b>T. Basiricò, A. Cottone</b>	1098
LA SOSTENIBILITÀ COME <i>DRIVER</i> DI PROCESSO PER LA RIQUALIFICAZIONE DEL PATRIMONIO EDILIZIO UNIVERSITARIO <b>I. Garofolo, C.A. Stival, N. Strazza</b>	1110
FINALITÀ DELL'APPLICAZIONE DEL MOTION MAGNIFICATION AI MODELLI HBIM <b>M. Angelosanti</b>	1130
<b>UNCONVENTIONAL SUSTAINABLE BUILDING MATERIALS AND TECHNIQUES</b>	
LIFE CYCLE ASSESSMENT DI UN EDIFICIO SCOLASTICO PROGETTATO SECONDO IL PASSIVE HOUSE STANDARD <b>E. Tomasi Morgano, F. Nocera, G. Mangiafico</b>	1145
“C'ERA UNA VOLTA”: PROCESSO COSTRUTTIVO SOSTENIBILE PER LA PROGETTAZIONE PARAMETRICA DI STRUTTURE TEMPORANEE VOLTATE E MODULARI IN MATERIALE RICICLABILE BIO-BASED <b>M. Bonci, C. Mazzoli, D. Prati</b>	1156
PIÙ LEGGERO DEL BAFFO DI UN GATTO. IL GRAFENE: STORIA DI UN MATERIALE INNOVATIVO <b>G. Di Mari, E. Garda, A. Renzulli, M. Sgro</b>	1173
LA MEMORIA COME MATERIALE DEL PROGETTO DELLA SOSTENIBILITÀ <b>S. D'Urso</b>	1189
SUL VANTAGGIO DEI SISTEMI COSTRUTTIVI MASSIVI IN TERRA BATTUTA PER I PAESI DEL MEDITERRANEO <b>R. Caponetto, G. Giuffrida, F. Nocera</b>	1209

HEMP: PAST, PRESENT, FUTURE FOR A SUSTAINABLE ARCHITECTURE <b>T. Firrone, C. Bustinto</b>	1226
EFFETTO DELLE FIBRE DI BASALTO SULLA RESISTENZA A COMPRESSIONE DELLA TERRA CRUDA <b>M. La Noce, M. Bosco, G. Sciuto</b>	1241
LA SPERIMENTAZIONE TECNO-TIPOLOGICA NEL PROGETTO DI UN SISTEMA PREFABBRICATO MODULARE AD USO DIREZIONALE: UN CASO STUDIO A L'AQUILA <b>F. Cavalieri, L. Capannolo, G. Di Giovanni, P. De Berardinis</b>	1256
ANALISI ENERGETICA DINAMICA E STRUTTURALE DI MODULI RICETTIVI IN XLAM <b>F.A. Russo, G. Cocuzza Avellino, M. Detommaso, C. Borgia, F. Nocera, N. Impollonia</b>	1268
SHAKE TABLE TESTS ON FULL-SCALE CONFINED STONE WALLS <b>M. Brocato, D. Caraccio, D. Cascone, L. Jonard, F. Lo Iacono, M. Liuzzo, G. Navarra, M. Oliva, K. Rahmouni, J. Skinazi, G. Tesoriere, S. Tumbarello</b>	1280
MALTE CEMENTIZIE A BASE DI GRAFENE: PROCESSO PRODUTTIVO E PROPRIETÀ <b>S. Polverino, F. Bonaccorso, A. Brencich, A.E. del Rio Castillo, L. Marasco, R. Morbiducci</b>	1294

## **C – BUILDING AND DESIGN TECHNIQUES**

### **SUSTAINABILITY PRINCIPLES AND PRACTICES FOR BUILDING REUSE AND RENOVATION**

DALLO STUDIO ARCHEOLOGICO DELLE MALTE STORICHE ALLA PROGETTAZIONE DELLE MALTE DA RESTAURO. CASE STUDY: LE TERME ACHILLIANE DI CATANIA <b>S.M. Cascone, G.A. Longhitano, L. Longhitano, N. Tomasello</b>	1310
NUOVE TECNOLOGIE PROGETTUALI PER IL RIUSO E LA RIQUALIFICAZIONE SOSTENIBILI DI AMBIENTI IPOGEI DI VALORE CULTURALE <b>E. Quagliarini, G. Bernardini, M. Lucesoli, B. Gregorini, M. D'Orazio</b>	1326
APPROCCI PROBABILISTICI ALLA VALUTAZIONE DEI COSTI GLOBALI DI INTERVENTI DI MIGLIORAMENTO SISMICO DI EDIFICI <b>G. Maracchini, E. Di Giuseppe, F. Stazi, M. D'Orazio</b>	1338
ELEMENTI DI RIFLESSIONE TEORICO-PRATICA PER LA RIQUALIFICAZIONE SOSTENIBILE <b>E. Conte</b>	1355
STRATEGIE DI DENSIFICAZIONE PER LA RIQUALIFICAZIONE SOSTENIBILE DELLE CITTÀ. IL CASO DEL QUARTIERE KALLITHEA AD ATENE <b>A. Ferrante, A. Fotopoulou, C. Mazzoli</b>	1368
STUDIO DELLA METODOLOGIA PER LA RIDUZIONE DEL RISCHIO TECNICO-ECONOMICO NEGLI INVESTIMENTI DI RIQUALIFICAZIONE ENERGETICA: IL PROGETTO EENVEST <b>G. Salvalai, G. Paoletti, M.M Sesana, A. Andaloro</b>	1386
RECUPERO E RIQUALIFICAZIONE INTEGRATA DELLE SCUOLE DEL REGNO A ROMA: STRATEGIE DI INTERVENTO ENERGETICO SOSTENIBILE <b>E. Currà, M. Russo, L. Severi, E. Habib, M. Morganti, S. Grignaffini</b>	1398
VALUTAZIONE DI STRATEGIE DI INTERVENTO PER LA RIQUALIFICAZIONE ENERGETICA DI INVOLUCRI EDILIZI TRASPARENTI <b>S. Colajanni e A. Schifano, E.A. Altopiano</b>	1414

ANALISI STORICO-ARCHITETTONICA E RIUSO SOSTENIBILE DEI CONVENTI CAPPUCCINI DELL'ANTICA PROVINCIA RELIGIOSA DI BASILICATA-SALERNO <b>L. Gargano, G. Donnarumma</b>	1431
RECUPERO FUNZIONALE DI PAVIMENTAZIONI IN CALCESTRUZZO MEDIANTE TRATTAMENTO SUPERFICIALE CON POLIUREA E FINITURA ACRILICA: PROVE DI LABORATORIO E TEST APPLICATIVO <b>F. Manzone, S. Errico, E. Portigliatti, D. Vasquez</b>	1442
GLI INTONACI TRADIZIONALI: UNA SOSTITUZIONE (POCO) SOSTENIBILE <b>A. Lo Faro, A. Mondello, A. Moschella, A. Salemi</b>	1451
UN PROGETTO DI RIGENERAZIONE BIM-BASED: L'ESPERIENZA DI ELISIR – ENERGY, LIFESTYLED & SEISMIC INNOVATION FOR REGENERATED BUILDINGS <b>L.C. Tagliabue, A.L.C. Ciribini</b>	1465

## **TOOLS FOR BUILDING DESIGN AND MANAGEMENT**

METODOLOGIA PER LO SVILUPPO DI UN SISTEMA DI SUPPORTO DECISIONALE PER LA RIQUALIFICAZIONE SISMICA ED ENERGETICA DI EDIFICI A STRUTTURA INTELAIATA <b>A. Artino, R. Caponetto, G. Evola, G. Margani, E.M. Marino</b>	1483
DAL DETTAGLIO COSTRUTTIVO ALL'ANALISI DEL PONTE TERMICO ATTRAVERSO IL BIM <b>G. Desogus, A. Sanna, M. Soddu, E. Quaquero</b>	1496
THE DESIGN CRITERIA SYSTEM (DCS): A MULTICRITERIA EVALUATION MODEL TO IMPLEMENT ADAPTIVE REUSE STRATEGIES IN ABANDONED INDUSTRIAL CONTEXTS <b>C. Vizzarri, F. Fatiguso</b>	1508
PROGETTAZIONE E VERIFICA DEL SISTEMA DI ESODO CON STRUMENTI ALTERNATIVI: LA REALTÀ VIRTUALE IMMERSIVA <b>R. Vancetti, E. Cereda</b>	1526
VERSO LA NORMALIZZAZIONE DEL MATERIALE TERRA CRUDA IN ITALIA <b>M. Achenza, A. Agus</b>	1535

## **INTEGRATED DESIGN**

INNOVATION FOR INCLUSION: THE 3D PRINTING TECHNOLOGY TO ENJOY THE CULTURAL HERITAGE <b>F. Auricchio, A. Greco, G. Alaimo, V. Giacometti, S. Marconi, V. Mauri</b>	1549
UN BIVACCO DI MONTAGNA PER GLI APPENNINI <b>P. De Berardinis, G. Di Giovanni, M. Paolucci</b>	1563
UN <i>FRAMEWORK</i> MULTISCALARE PER L'AUMENTO DI RESILIENZA E SOSTENIBILITÀ NELLE AREE URBANE: METODO E APPLICAZIONE AD UNO SCENARIO ESPLORATIVO AL 2050 <b>S. Mannucci, F. Rosso, A. Peduzzi, C. Cecere, M. Ferrero</b>	1579
RIQUALIFICAZIONE INTEGRATA E SOSTENIBILE DI EDIFICI ESISTENTI CON ESOSCHELETRI A GUSCIO PREFABBRICATI: IL CASO STUDIO ADESA <b>J. Zanni, S. Cademartori, A. Marini, A. Belleri, E. Giuriani, P. Riva, B. Angi, G. Franchini, A.L. Marchetti, P. Odorizzi, G. Luitprandi</b>	1596

LA VENTILAZIONE URBANA NELLA CITTÀ COMPATTA MEDITERRANEA: UNA METODOLOGIA OPERATIVA MULTIDISCIPLINARE PER MIGLIORARE LA SOSTENIBILITÀ E LA RESILIENZA DELLE AREE URBANE <b>O. Palusci, C. Cecere</b>	1609
UNA CONCEZIONE UNITARIA PER UN COSTRUIRE SOSTENIBILE <b>P. Fiamma</b>	1628
SENSIBLE NETWORKED FAÇADE UNIT FOR A HEALTHY AND COMFORTABLE ENVIRONMENT <b>T. Poli, A. G. Mainini, A. Speroni, J.D. Blanco Cadena, F. Re Cecconi, S. Rinaldi, P. Bellagente, L. Tagliabue, A. Ciribini</b>	1643
LA “SOSTENIBILITÀ PAESAGGISTICA” NELL’ERA GLOBALE: L’OPERA DI FERNANDO MENIS TRA ARCHITETTURA E PAESAGGIO <b>S. Calvagna</b>	1654
<b>ARCHITECTURE FOR EMERGENCIES</b>	
MAM: UN MODULO ABITATIVO TEMPORANEO PERSONALIZZABILE E AUTOCOSTRUIBILE <b>S. De Gregorio, P. De Berardinis, P. Rossi</b>	1668
PROGETTAZIONE SOSTENIBILE DI UN MODULO ABITATIVO PER L’EMERGENZA <b>G. Sciuto</b>	1681
COOLING ISLANDS: MICROARCHITETTURE PER IL BENESSERE DELLE UTENZE DEBOLI DURANTE LE ONDATE DI CALORE IN AMBITO MEDITERRANEO <b>R. Corrao, A.R. Cataldo, G. L. Danesi</b>	1696
ARCHITETTURE ADATTIVE MEDIANTE UN NUOVO MODULO TENSEGRALE PIEGHEVOLE DI TIPO T4 <b>G. Ruscica, A. Micheletti</b>	1714
<b>PARTICIPATORY PROCESSES (DESIGN AND CONSTRUCTION)</b>	
APPROCCIO <i>USER-ORIENTED</i> PER IL RINNOVAMENTO ENERGETICO: L’ANALISI ETNOGRAFICA APPLICATA AI PROGETTI DI RIQUALIFICAZIONE <b>D. Prati, S. Spiazzi, G. Cerinšek, A. Ferrante</b>	1724
I QUADERNI DEL LUMASSÌN. CRONACHE DI CANTIERE <b>A. Renzulli, R. Mazelli, A. Bocco</b>	1743
BENI CULTURALI COME BENI COMUNI: MODELLI DI GESTIONE PARTECIPATA PER UNA EFFICACE VALORIZZAZIONE <b>M.R. Pinto, S. De Medici</b>	1759
VALUING HERITAGE FROM A COMMUNITY-BASED PERSPECTIVE. SOME REFLECTIONS FOR THE MAKING OF THE ECOMUSEUMS IN SICILY, IT <b>G. Pappalardo</b>	1776

# COMMITTEES

## Ar.Tec. Council

Riccardo Gulli – President  
Marco D’Orazio – Vice-president  
Rossano Albatici – Board member

Santi Maria Cascone – Board member  
Fabio Fatiguso – Board member  
Manuela Grecchi – Board member

## Scientific committee

Rossano Albatici  
Frida Bazzocchi  
Carlo Caldera  
Rosa Caponetto  
Santi Maria Cascone  
Rossella Corrao  
Giorgio Croatto  
Marco D’orazio  
Enrico Dassori

Enrico De Angelis  
Pierluigi De Berardinis  
Flavia Fascia  
Fabio Fatiguso  
Annarita Ferrante  
Marina Fumo  
Ilaria Garofolo  
Maria Paola Gatti  
Manuela Grecchi

Antonella Guida  
Riccardo Gulli  
Tullia Iori  
Raffaella Lione  
Grazia Lombardo  
Angelo Lucchini  
Giuseppe Margani  
Marco Morandotti  
Renato Morganti  
Stefania Mornati

Angela Moschella  
Placido Munafò  
Tiziana Poli  
Francesco Polverino  
Enrico Quagliarini  
Angelo Salemi  
Vincenzo Sapienza  
Gaetano Sciuto  
Enrico Sicignano  
Gabriele Tagliaventi

## Organizing committee

Steering committee  
Santi Maria Cascone  
Giuseppe Margani  
Vincenzo Sapienza

## Professional conference organizer

Antonio Artino  
Stefano Cascone  
Gianluca Rodonò

# SUPPORTERS

## Patrons



## Sponsors



Associazione Nazionale Costruttori Edili di Catania



Fondazione dell'Ordine  
degli Ingegneri della Provincia di Catania



**I.G.C. S.r.l.**



Ordine Ingegneri della Provincia di Catania

**Prince Tourist S.r.l.**

**S.C.S. Costruzioni Edili S.r.l.**



**VICA S.r.l.**

## Friends



**Città Metropolitana di Catania**



Comune di Catania



Ordine Architetti Pianificatori Paesaggisti  
Conservatori Provincia di Catania



REGIONE SICILIA

Dipartimento dell'istruzione  
e della formazione professionale



REGIONE SICILIA

Assessorato regionale  
delle infrastrutture e della mobilità



REGIONE SICILIA

Assessorato regionale dell'Energia  
e dei Servizi di Pubblica Utilità

## Introduction

In the last century, the progress of science and technology was certainly rapid and exhilarating giving rise to a significant improvement in the conditions of human life. However, this remarkable progress has also determined significant negative effects: environmentally, the Earth's equilibrium has been progressively threatened; economically, there has been an unfair distribution of world wealth; and socially, for the widespread application of controversial consumer models.

These issues began to raise alarms and promote timid counteractions by small sensitive social groups who were often left isolated and muted by pessimism. Notwithstanding, especially recently, a much deeper and more comprehensive awareness has arisen bringing forth plenty of outpourings of sensitivity and demands for environmental welfare and the fundamental rights of man. This enormous collective sharing has contributed to the spreading of the important principle of sustainability, environmentally, socially and economically.

Faced with billions in poverty, and now more than ever, millions of fugitives, new frontiers of research are needed even in architecture which take into account the requirements of the economically and socially disadvantaged as well as a drastic reduction in environmental impact.

All of this does not mean reneging on Industry 4.0 but interpreting it as a catalyst for development and innovation to increase both the efficiency of businesses and citizens' services by means of a model of responsible development combining healthy competitiveness, sustainability and quality of life.

Within this context, the idea of a circular economy has a wider definition as does that of the resilience of an environment constructed against natural disasters; these research areas intertwine and are enriched by studying innovative materials and technologies as well as the history of construction. Sustainable architecture therefore becomes a field of experimentation to deal with the environmental, social and economic emergencies of our times.

The new horizons of engineering and architecture ought to be inspired by sustainability in support of more fairly distributed building, affordable and rigorously respectful of the planet and the individual. The Colloqui.AT.e 2020 Conference – New Horizons for Sustainable Architecture – was an opportunity to deepen the topics related to these issues, offering an opportunity for discussion for researchers and designers in the field of Building Engineering and Architecture. The event, which this year involved almost 300 participants, is promoted annually by Ar.Tec., a non-profit association set up by scholars of architecture and building techniques, with the aim of increasing awareness within the sector in the scientific community and among entrepreneurs and manufacturers.

Colloqui.AT.e 2020, which initially was intended to take place in Catania from 17<sup>th</sup> to 20<sup>th</sup> June 2020, was postponed to 10<sup>th</sup> December 2020, in remote mode, due to the limitations imposed

by the current pandemic emergency. The call for abstract was opened in November 2019 and collected 149 papers, divided into three topics, each of them subdivided into five thematic areas

#### A\_ CONSTRUCTION HISTORY AND PRESERVATION:

1. History of construction
2. Tools and methods for knowledge and graphic representation
3. Construction techniques and performance in existing buildings
4. Sustainable retrofitting of modern and pre-modern heritage
5. Management and economic development of building heritage

#### B\_ CONSTRUCTION AND BUILDING PERFORMANCE

1. Sustainability in product, design and process innovation
2. Digitization, robotics and industrialization for sustainable buildings
3. Low-cost and low-carbon architecture
4. Methods and techniques for building management and monitoring
5. Unconventional sustainable building materials and technique

#### C\_ BUILDING AND DESIGN TECHNIQUES:

1. Sustainability principles and practices for building reuse and renovation
2. Tools for building design and management
3. Integrated design
4. Architecture for emergencies
5. Participatory processes (design and construction)

The papers were sent to at least two independent experts, selected among the scientific committee, for double-blind peer review. We take the opportunity to thank all the reviewers, who contributed to raising the quality level of the conference proceedings, with careful and accurate comments and suggestions. The papers were finally revised by the editors and by the Publisher.

We would also like to thank everyone who contributed to the success of the event, namely the Ar.Tec. board, the patrons, the sponsors, the organizing committee and all the participants.

Catania, December 2020

*Santi Maria Cascone  
Giuseppe Margani  
Vincenzo Sapienza*

## Introduzione

Nell'ultimo secolo il progresso della scienza e della tecnologia è stato senza dubbio rapido ed a tratti entusiasmante, determinando un notevole miglioramento delle condizioni di vita dell'uomo. Questa eccezionale tendenza alla crescita ha tuttavia prodotto rilevanti effetti negativi, sia a livello ambientale, arrivando progressivamente a minacciare l'equilibrio stesso del pianeta Terra, sia a livello economico, contribuendo ad un'iniqua distribuzione della ricchezza mondiale, sia a livello sociale, per lo svilupparsi di forme di antagonismo e di eversione.

La problematica ambientale e gli squilibri socio-economici hanno cominciato col destare allarmi parziali e promuovere timidi tentativi, affidati alla sensibilità di piccoli gruppi sociali, che spesso sono rimasti isolati e tacciati di catastrofismo. Tuttavia, soprattutto di recente, è emersa una consapevolezza molto più vasta e profonda, che ha determinato ampie manifestazioni di sensibilità e di rivendicazione della salvaguardia ambientale e dei diritti fondamentali dell'uomo. Questa condivisione collettiva ha contribuito a diffondere l'importante principio della *sostenibilità*, che opportunamente include istanze sia ambientali, che sociali ed economiche.

A fronte di miliardi di indigenti e, oggi più che mai, di milioni di migranti, occorrono nuove frontiere di ricerca che, anche in architettura, offrano una risposta alle esigenze delle fasce economicamente e socialmente più svantaggiate, oltre ad assicurare una riduzione significativa degli impatti sull'ambiente.

Tutto ciò non porta a rinnegare i principi dell'Industria 4.0, piuttosto induce a interpretare quest'ultima come motore di sviluppo per innovare e rendere efficienti sia i processi interni alle imprese, sia i servizi offerti ai cittadini; il tutto attraverso l'attuazione di un modello di sviluppo responsabile fatto di sana competitività, sostenibilità e qualità della vita.

In tale contesto, il tema dell'economia circolare assume una declinazione più ampia, come più ampio diviene quello della resilienza dell'ambiente costruito alle catastrofi naturali; questi ambiti di ricerca si intrecciano e si arricchiscono con lo studio di materiali e tecnologie innovative e con la storia della costruzione. L'architettura diventa quindi campo di sperimentazione per offrire risposte alle istanze connesse alla emergenza ambientale, sociale ed economica, propria del nostro tempo.

I nuovi orizzonti dell'ingegneria e dell'architettura dovranno pertanto ispirarsi a principi di sostenibilità, a sostegno di un'edilizia alla portata di tutti e rigorosamente rispettosa del pianeta e dell'individuo. Il Convegno Colloqui.AT.e 2020 – *New Horizons for Sustainable Architecture*, è stata una occasione per approfondire gli argomenti correlati a tali tematiche, offrendo un luogo di discussione ai ricercatori e agli operatori della progettazione, della costruzione e della produzione nell'ambito dell'Ingegneria Edile e dell'Architettura. La manifestazione, che ha visto il coinvolgimento di quasi 300 studiosi, si svolge in seno alle attività programmate annualmente dall'Ar.

Tec., un'associazione senza scopo di lucro fondata per iniziativa di studiosi dell'architettura e delle tecniche dell'edilizia, con il fine di curare la diffusione delle conoscenze di settore presso le comunità scientifiche e le realtà imprenditoriali e produttive in esso impegnate.

Colloqui.AT.e 2020, che inizialmente doveva svolgersi a Catania dal 17 al 20 giugno 2020, è stato posticipato al 10 dicembre 2020, in modalità a distanza, a causa delle limitazioni imposte dall'emergenza pandemica in corso. La call for abstract è stata aperta nel novembre 2019 e ha raccolto 149 contributi, ripartiti in tre *topic*, ciascuno dei quali suddiviso, a sua volta, in cinque aree tematiche.

#### A\_CONSTRUCTION HISTORY AND PRESERVATION:

1. Storia della costruzione
2. Strumenti e metodi per la conoscenza e la rappresentazione
3. Tecniche costruttive e prestazioni negli edifici esistenti
4. Recupero sostenibile del patrimonio moderno e pre-moderno
5. Gestione e valorizzazione economica del patrimonio costruito

#### B\_CONSTRUCTION AND BUILDING PERFORMANCE

1. Sostenibilità nell'innovazione di prodotto, di progetto e di processo
2. Digitalizzazione, robotica, industrializzazione a servizio della sostenibilità
3. Edilizia low-carbon e low-budget
4. Metodi e tecniche per il controllo e il monitoraggio prestazionale degli edifici
5. Materiali e tecniche costruttive non convenzionali

#### C\_BUILDING AND DESIGN TECHNOLOGIES:

1. Principi e pratiche di sostenibilità per il riuso e la riqualificazione
2. Strumenti per la progettazione e gestione degli edifici
3. Progettazione integrata
4. Architetture per le emergenze
5. Processi partecipativi (di progetto e di costruzione)

Ciascun contributo è stato sottoposto ad una procedura di revisione anonima da parte di almeno due esperti del comitato scientifico. Si coglie l'occasione per ringraziare tutti i revisori, che hanno contribuito ad innalzare il livello qualitativo dei lavori del convegno, con commenti e suggerimenti attenti e puntuali. I contributi sono stati infine vagliati dai curatori del volume e dall'Editore.

Un ulteriore ringraziamento va indirizzato a tutti coloro che hanno contribuito alla riuscita dell'evento, ossia al direttivo dell'Ar.Tec., gli enti patrocinatori, agli sponsor, al comitato organizzatore e a tutti i partecipanti.

Catania, dicembre 2020

*Santi Maria Cascone  
Giuseppe Margani  
Vincenzo Sapienza*



## **A – CONSTRUCTION HISTORY AND PRESERVATION**



New Horizons for Sustainable Architecture

## Cina Italia, metodologie differenti di costruire con la terra cruda

A. Guida<sup>1\*</sup>, G. Bernardo<sup>2</sup>, G. Pacente<sup>3</sup>

<sup>1\*</sup> Università degli Studi della Basilicata Unibas, Matera 75100, antonella.guida@unibas.it

<sup>2</sup> Università degli Studi della Basilicata Unibas, Matera 75100, graziella.bernardo@unibas.it

<sup>3</sup> Università degli Studi della Basilicata Unibas, Matera 75100, giulio.pacente@unibas.it

### Abstract

L'architettura in terra cruda è parte integrante del patrimonio architettonico mondiale. Pur essendo una delle prime tecniche costruttive utilizzate in epoca antica è di grande attualità e ritenuta oggi di grande interesse per le potenzialità offerte per la salvaguardia dell'ambiente e di sostenibilità delle costruzioni. Nonostante in passato non esistesse il concetto di architettura bioclimatica questa tecnica costruttiva risulta la soluzione alle delicate tematiche ambientali alle quali si deve far fronte oggi. L'uomo, sin dall'antichità, ha immediatamente capito quali fossero gli aspetti positivi del costruire in terra cruda: il chilometro zero, il costo ridotto dei materiali, le basse emissioni di anidride carbonica durante il ciclo di produzione, la facilità di lavorazione, la celere posa in opera. Le costruzioni in terra cruda sono caratterizzate da una miscela costituita prevalentemente da argilla ed acqua con aggiunta di vari materiali organici o inorganici in qualità di rinforzo per migliorarne le proprietà meccaniche. Le strutture in terra sono presenti, in maniera eterogenea, su tutto il globo terrestre. L'Italia, grazie alla sua natura geologica e morfologica, possiede un discreto numero di manufatti in terra, dalle dimensioni contenute, appartenenti ad un patrimonio costruttivo del passato. La Cina, in particolare la zona meridionale, è caratterizzata da numerose strutture in terra cruda, di notevoli dimensioni, riconosciuti come patrimonio dell'umanità Unesco. La ricerca è focalizzata, nel caso italiano, sulle aree della Lucania e, nel caso cinese, sulle aree della regione di Fujian. Il lavoro si pone l'obiettivo di evidenziare differenze e analogie tra le diverse tecniche costruttive utilizzate in contesti territoriali differenti. L'obiettivo è quello di studiare a fondo le criticità del materiale per poter pensare ad un miglioramento al fine di rendere nuovamente utilizzabile e riproducibile un'antica tradizione costruttiva come quella della terra cruda.

### 1. Introduzione

Recuperare le tecniche costruttive tradizionali al fine di industrializzarle per renderle nuovamente attuabili è un progetto molto ambizioso. In realtà la ricerca punta a studiare a fondo quelle che

sono state le differenti soluzioni adottate dall'uomo in differenti contesti di carattere storico, politico, sociale e geografico per capirne a fondo le criticità e le debolezze sulle quali instaurare un programma che abbia come focus principale l'implementazione delle stesse. Una volta presa coscienza di più metodi d'applicazione della terra cruda nel mondo si potrà pensare a soluzioni innovative per la grande distribuzione.

L'utilizzo delle tecniche di terra cruda, come già accennato in precedenza, è molto diffuso in tutto nel mondo. Basti pensare che attualmente circa un terzo della popolazione mondiale vive o lavora in strutture realizzate in mattoni o murature di argilla. Questo comporta, oltre ad un variegato patrimonio architettonico, una serie di processi di applicazione differente della tecnica costruttiva. L'architettura in terra cruda comprende una serie di metodologie costruttive caratterizzate da una serie di denominazioni diverse. La tecnica del crudo individua tutti i manufatti realizzati con l'unione di terra ed argilla, lavorati con il giusto tenore d'acqua, essiccati naturalmente. A questo, in seguito, sono stati aggiunti materiali o applicazioni differenti ma è comunque la base di tutto il patrimonio architettonico mondiale. Esso ha una componente fortemente ecologica in quanto: utilizza solo materiali naturali, il ciclo di produzione ha basse emissioni di CO<sub>2</sub>, non utilizza mezzi meccanici o forni industriali, utilizza le materie prime presenti nelle immediate vicinanze a km 0. Le tecniche di applicazione principali di questa tecnologia sono prevalentemente quattro: il mattone crudo (*Adobe*), il paramento murario compattato (*Pisé*), il paramento murario plastico con anima lignea (*Torquis*) ed infine i paramenti realizzati con l'unione di più tecniche (*Miste*).

Queste tecniche solo le più diffuse in tutto il mondo ma ognuna di queste presenta innumerevoli varianti frutto di esperienze differenti di popoli differenti.

### ***Adobe***

Termine preso in prestito dal vocabolario spagnolo, consiste nella costruzione di un paramento murario con l'utilizzo di mattoni crudi. Questi sono realizzati in situ tramite la lavorazione della terra rossa ed argilla. Questi due materiali vengono mescolati con uno specifico tenore d'acqua, che varia da maestranza a maestranza, fino a raggiungere una determinata plasticità dell'impasto. In passato per velocizzare i tempi di produzione venivano utilizzati animali da soma legati ad un fulcro centrale, come una moderna molazza. Successivamente si preparano i casseri modulari lignei, con misure standard, che fungeranno da stampo per la creazione dei mattoni. I mattoni umidi vengono disposti in spazi aperti sotto la luce indiretta del sole affinché si abbia un'essiccazione lenta ed omogenea. L'irraggiamento solare diretto comporterebbe una rapida asciugatura superficiale del concio lasciando l'interno umido compromettendone le proprietà meccaniche e fisiche. Il periodo di asciugatura e stagionatura dei mattoni crudi oscilla tra le 24 e 48 ore, a seconda del periodo annuale ed in base alla temperatura esterna ed umidità. La messa in opera è identica a qualsiasi altro muro in mattoni ma con commesure realizzate con un impasto di terra ed argilla con un elevato tenore d'acqua. La tecnica dell'*adobe* descritta fa riferimento alla procedura standard più diffusa. Ogni cultura ha la sua variante con conseguente differente risultato finale. Una variante molto frequente riguarda l'inserimento di fibre vegetali o inerti con bassa granulometria all'interno dell'impasto. Una variante molto simile all'*adobe* è il *Bouges* che utilizza una miscela di terra, argilla e paglia, molto più secco, per la creazione di mattoni realizzati manualmente senza l'utilizzo di casseri modulari.

### ***Pisé***

Termine francese, consiste nella colatura del materiale argilloso all'interno di casseri lignei mobili, metodologia simile alla posa in opera dei paramenti in calcestruzzo armato. La preparazione dell'impasto è identica alla tecnica dell'*adobe*, descritta in precedenza ma con un grado differente di umidità che oscilla tra il secco e l'umido. La fase di preparazione consiste nella delimitazione e bloccaggio dello spessore del paramento murario con due casseri lignei standard, di 2 m di lunghezza per 1 m di altezza. Successivamente si procede con la colatura dell'impasto per strati di circa 20-30 cm che vengono pressati e compattati. La fase del pestaggio dell'impasto all'interno delle casseforme è fondamentale affinché fuoriesca tutta l'aria presente nel materiale ed eviti che si creino all'interno del paramento murario le cosiddette discontinuità che alterino l'integrità della struttura e modificano le proprietà meccaniche e fisiche del materiale. È doveroso specificare che per la costruzione delle murature è adoperato un solo cassero ligneo. La cassaforma, una volta che è stata riempita completamente, viene traslata lateralmente al fine di completare la stessa quota. L'operazione si ripete fino a che non è raggiunta l'altezza finale dell'edificio. Questa tecnica è molto diffusa in tutte le culture e per questo motivo ci sono innumerevoli variazioni riguardanti l'impasto e la posa in opera. Le variazioni nella fase di produzione dell'impasto consistono nell'inserimento di fibre vegetali o di malte cementizie o materiali di risulta. Le variazioni che avvengono nella fase di posa in opera sono: *Tapial* (traduzione spagnola della parola *Pisé*) *Calicastrado Valenciano* caratterizzato da uno strato di malta a base di calce cosparso in aderenza delle casseforme, prima dello strato di terra argillosa, formando uno strato di intonaco a protezione della muratura; *Chinese Rammed Earth* caratterizzato da casseforme di 3 m per 3 m con spessori di 2 m, in grado di superare i 10 metri di altezza; muratura in argilla con lamine di laterizio dove una fila di mattoni viene distribuita a conclusione dello strato in terra ed argilla.

### ***Torquis***

Termine spagnolo, prevede la costruzione di un telaio in legno portante sul quale applicare un impasto a base di terra, argilla e fibre vegetali. La miscela, con la giusta quantità d'acqua, deve avere una consistenza plastica tale da poter bene aderire alla struttura lignea. Una volta ultimato l'elemento verticale viene rivestito da uno strato di intonaco a protezione degli strati interni. Sebbene questa tecnologia rientri nella categoria delle strutture portanti, capaci di sopportare carichi notevoli, il suo principale utilizzo riguarda i muri divisorii interni.

### ***Tecniche miste***

Sono innumerevoli e difficili da catalogare. Basti pensare a quante differenti combinazioni possono essere state generate. La maggior parte di esse sono generate dal connubio di più tecniche differenti dettate da esigenze di carattere tecnico o morfologico. Tra le tecniche miste più diffuse sono presenti:

- Tecnica dell'*Earthbag* che prevede l'utilizzo di sacchi di tela ripieni di terra cruda per la costruzione di edifici. Questa tecnica nasce dalla necessità di trasportare la materia prima da una cava

di prestito al sito di costruzione. Basandosi sull'esperienza costruttiva delle trincee militari, realizzate in sacchi di tela riempiti di sabbia, i sacchi vengono disposti orizzontalmente lungo il perimetro dell'edificio e successivamente ricoperti da uno strato d'intonaco a protezione dagli agenti atmosferici ed infiltrazioni d'acqua.

- Tecnica dell'*adobe* ligneo, generata dall'unione delle tecniche dell'*adobe* e del *Torquis*. Consiste nella realizzazione di una chiusura verticale realizzata da mattoni di *adobe*, in terra cruda, intervallati da elementi lignei.
- Pannelli prefabbricati in terra cruda, generati dall'unione delle tecniche dell'*adobe* e del *pisé*. Vengono realizzati pannelli in terra cruda per la realizzazione a secco di divisori, contropareti, e controsoffittature. Questi elementi sono realizzati in fabbrica e, una volta ultimati, trasportati in sito.
- Pannelli isolanti e pannelli radianti in terra cruda, che sfruttano a pieno le proprietà termoisolanti e fonoassorbenti della terra. Queste soluzioni innovative sfruttano sia le tecniche tradizionali sia quelle moderne per offrire alternative ecosostenibili.
- Tecnica della stampa 3d in Terra Cruda, prevede la miscelazione accurata dei materiali da costruzione al fine di ottenere una malta plastica e fluida in grado di essere aspirata, prima, e posata in opera, dopo, dall'impianto di pompaggio. Grazie al controllo numerico è possibile andare a gestire le quantità di materiale da stampare. Questa soluzione costruttiva è caratterizzata da una velocità di realizzazione e semplicità di posa in opera. Per queste motivazioni il campo d'applicazione più congeniale è la realizzazione di residenze temporanee in seguito ad eventi calamitosi.

## 2. Analisi apparecchiature murarie

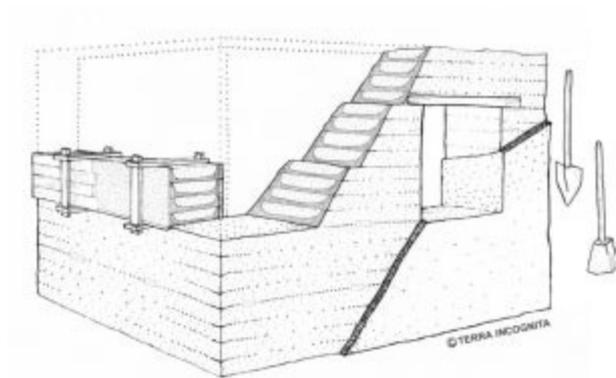
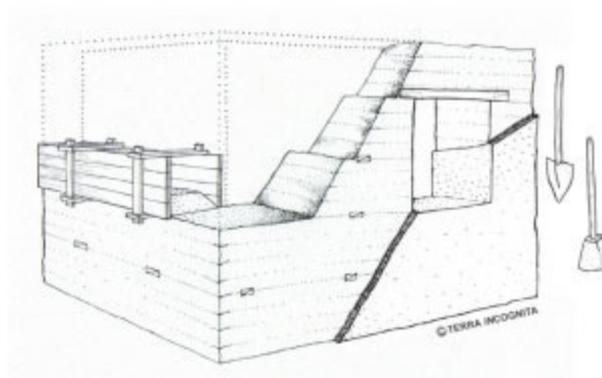
In tutto il pianeta sono presenti testimonianze delle tecniche tradizionali di terra. Ogni nazione, ogni città, ogni singolo edificio è caratterizzato da tecniche costruttive differenti che mettono in risalto la duttilità di questi materiali e la loro facilità di adattarsi ad ogni situazione. A seguire è presente un tentativo di catalogazione e classificazione delle apparecchiature murarie analizzate.

### *Muratura in terra (standard)*

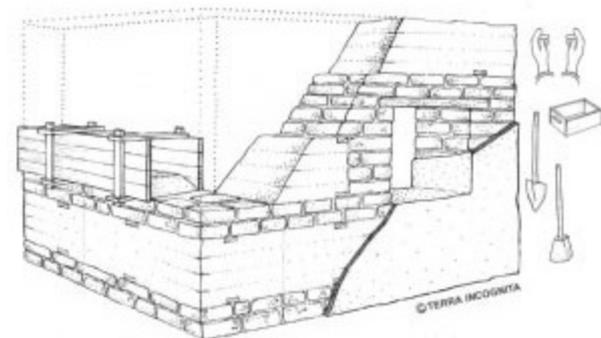
È una muratura costituita da terra argilla ed acqua. I materiali vengono mescolati fino a raggiungere la giusta plasticità. La posa in opera della terra cruda avviene all'interno di casseri lignei posizionati alla distanza dello spessore della parete. La terra viene versata nella cassaforma e speronata, ripetendo questo passaggio in maniera ciclica fino a raggiungere l'altezza del muro necessaria. La fase di compattazione del materiale è molto delicata, infatti bisogna evitare qualsiasi tipo di discontinuità all'interno dell'apparecchiatura muraria e far sì che la finitura finale esterna sia ben coesa al fine di evitare che l'umidità penetri all'interno di essa. La cassaforma può essere caratterizzata da una o più assi di legno che in seguito alla fase di pigiatura restano impresse sulla superficie finale, creando l'effetto "faccia vista" ligneo.

### *Muratura in terra e calce*

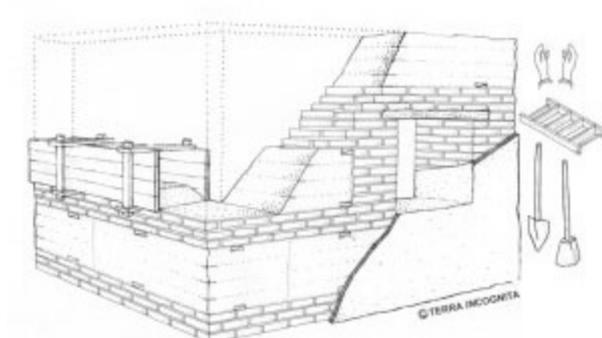
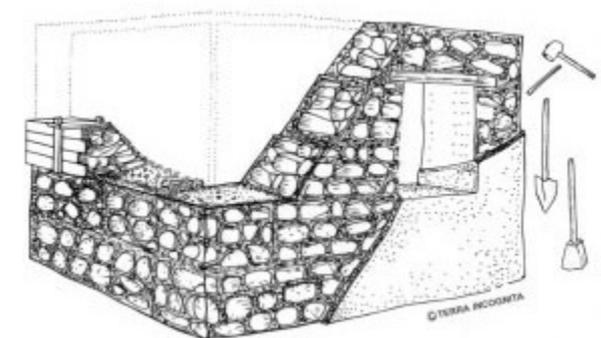
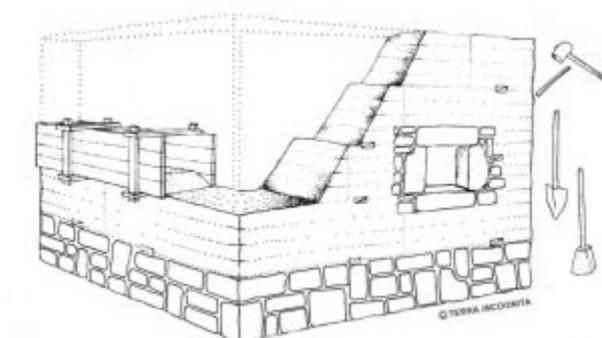
Questa muratura è costruita versando uno strato di malta a base di calce e successivamente uno strato di terra cruda in modo tale da formare una sorta di cuneo sulle pareti della cassaforma li-

Muratura in terra (*standard*).

Muratura in terra e calce.



Muratura di terra con ricorsi in laterizio.

Muratura di terra con ricorsi in *adobe*.Muratura di *pisé* con basamento lapideo.

Muratura in terra cruda e pietra.

Fig. 1. Apparecchiature murarie in terra cruda.

nea. Questo procedimento interessa un piccolo strato della parete, dello spessore variabile tra i 10 e i 15 cm, e si ripete ciclicamente fino a raggiungere l'altezza desiderata. Il risultato finale è una sezione di parete molto caratteristica. Nonostante il procedimento sia realizzato *layer per layer*, in facciata gli strati di calce formano una pelle esterna omogenea che protegge la terra interna dagli agenti atmosferici esterni. In alcuni casi lo strato di calce esterna veniva realizzata solo una volta ultimata la costruzione della muratura, come una sorta d'intonaco.

### ***Muratura di terra con ricorsi in laterizio***

È una muratura in terra cruda compattata intervallata da più filari di mattoni laterizi. Lo strato di mattoni ha la funzione di regolarizzare la muratura e stabilizzare la struttura dell'edificio. La parte in laterizio spesso viene utilizzata per costruire architravi e coronamenti finali della muratura.

### ***Muratura di terra con ricorsi in adobe***

È una muratura di terra cruda compattata con ricorsi in mattoni di *adobe* in terra cruda. Lo strato di mattoni in *adobe* ha la funzione di regolarizzare la muratura e stabilizzare la struttura dell'edificio. I mattoni in *adobe* vengono adoperati per realizzare gli architravi, per le bucatore, i coronamenti finali delle murature e per la realizzazione del tetto.

### ***Muratura di pisè con basamento lapideo***

Muratura di terra cruda compatta con fondazione e basamento in materiale lapideo. Il basamento in pietra, prolungamento della fondazione interrata, offre uno strato di regolarizzazione in terra cruda e difende la chiusura verticale da eventuali problematiche legate all'umidità, come fenomeni d'infiltrazione o di risalite capillari.

### ***Muratura in terra cruda e pietra***

È una muratura caratterizzata da una tessitura in opus incertum di pietra e terra cruda compattata. La presenza degli elementi lapidei è di gran lunga superiore a quella della terra. La terra aiuta a regolarizzare la parete andando a riempire tutti gli spazi tra gli elementi lapidei.

## **3. L'architettura in terra in Basilicata**

La tradizione costruttiva della terra è sempre stata protagonista sul territorio italiano. Grazie alle influenze iniziali dall'Asia e Nord Africa, prima, e dall'est Europa, successivamente, sono presenti in testimonianze risalenti al VII e VI secolo a.C. È possibile affermare che la terra cruda in Italia è stata utilizzata fino alla metà del ventesimo secolo, dopo il quale, con l'industrializzazione dei materiali da costruzione e l'avvento di nuove tecnologie, si è assistito ad un graduale abbandono. I manufatti in terra cruda sono distribuiti in maniera eterogenea su tutta la penisola italiana, più specificatamente, le regioni maggiormente caratterizzate dal patrimonio costruttivo in terra sono: Sardegna, Calabria, Piemonte, Emilia Romagna e Basilicata. I casi studio analizzati sono circoscritti all'interno dell'area Lucana e mettono in mostra le differenti tecniche e le differenti tipologie costruttive realizzate all'interno dello stesso territorio. Le architetture individuate all'interno di zone rurali fanno parte del patrimonio vernacolare ed agro pastorale delle zone interne della Basilicata.

### ***Casa dei Pithoi***

La Casa dei Pithoi è situata nel parco archeologico di Serra del Vaglio in provincia di Potenza. La costruzione risale al VI-V secolo a.C. ed è tra le più antiche testimonianze dell'uso della



Fig. 2. La “Casa dei Pithoi”. Vista facciata principale nella fase finale della ricostruzione.

Terra Cruda in Basilicata. La terminologia Pithoi, dal greco “pithos”, grande giara, è testimonianza che la struttura fosse utilizzata per la lavorazione dell’argilla e terracotta per la realizzazione di anfore e giare. Gli scavi archeologici hanno evidenziato l’utilizzo della tecnica del *Pisé* per la costruzione delle mura perimetrali dell’abitazione, mentre, i divisori interni erano realizzati con la tecnica del *Torquis*. La fondazione ed il basamento, come i muretti perimetrali di tutta l’area archeologica, sono realizzati in pietra a secco. Attualmente lo zoccolo si presenta privo di intonaco ma a seguito dei rinvenimenti effettuati è possibile affermare che certamente era presente uno strato di rivestimento. Questa tecnica aveva una triplice funzione: stabilizzava la muratura a secco, la proteggeva da agenti atmosferici esterni e rendeva esteticamente omogenea l’intera facciata. Gli intonaci principali, sia interno che esterno, sono caratterizzati da una miscela di terra, argilla e fibre vegetali. L’abitazione apparteneva ad un antico nucleo urbano ben sviluppato di cui oggi non è rimasto più nulla. La struttura è caratterizzata da una pianta rettangolare allungata di circa 125 mq suddivisa in due ambienti differenti ed un vestibolo. L’asse Nord – Sud misura 8,20 m mentre l’asse Est-Ovest misura 15,30 m. Il tetto è realizzato, a doppia falda regolare, in legno e rivestito da uno strato impermeabilizzante di tegole (tegole piane, antefisse gorgoniche e coppi semicircolari) in laterizio, restaurate e presenti ancora oggi *in situ*. Gli scavi archeologici hanno evidenziato come la “Casa dei Pithoi” sia risalente al VI secolo a.C. ma presenta al suo interno elementi appartenenti ad epoche differenti.

Le murature interne e le rispettive sottostanti fondazioni appartengono al V-IV secolo a. C. e si differenziano dalle murature perimetrali sia per pezzatura del materiale e sia per scala cromatica. La chiusura orizzontale di base è costituita da uno strato di irrigidimento rossastro, a base di terra ed argilla, intervallato da soglie pavimentate, con la tecnica dello *stenopos* con basole biancastre. Gli studi effettuati hanno consentito il rifacimento della “Casa dei Pithoi” con l’utilizzo dell’antica tecnica costruttiva. Nel 1987 è stata effettuata una ricostruzione (Fig. 2) a cura della Soprintendenza Archeologica della Basilicata dalla dott.ssa Giovanna Greco. L’intero intervento può essere definito come un restauro conservativo ben riuscito. I materiali adoperati sono stati recuperati dalle immediate vicinanze al sito in modo tale da avere la totale compatibilità tra l’esistente ed il ricostruito.

### ***Capanno da lavoro, Senise, Potenza***

Le strutture da lavoro sono manufatti destinati al ricovero di animali da soma o domestici o deposito di strumenti e materiali da lavoro. Spesso era consuetudine costruire questa tipologia di rifugi o nei campi agricoli o lungo i percorsi del pascolo degli animali in modo tale da offrire rifugio temporaneo ai pastori. Queste strutture sono composte da piccole dimensioni e spartane soluzioni costruttive. Il caso di studio a Senise (PZ) è un esempio emblematico di struttura da lavoro. La struttura misura 5 m per 4 m, caratterizzata da una base in mattoni con un’altezza di 50 cm dal suolo. La muratura superiore è realizzata in Adobe con mattoni di terra cruda di misura 20 x 20 x 40 cm. La fondazione ed il basamento sono realizzati in materiali lapidei per limitare il fenomeno di risalita capillare. Ci sono tre bucatore su tre diverse facciate, tutte caratterizzate da cornici e architravi in laterizio. L’edificio è segnato da uno sviluppo simmetrico, l’ingresso principale si trova su uno dei due lati lunghi. Sui due lati corti ci sono due finestre allineate. La differenza di quota tra la strada ed il pavimento misura circa 50 cm ed è risolto con l’inserimento di una rampa di scale da tre pedate. La chiusura orizzontale di copertura è realizzata con una struttura lignea e rifinita superficialmente con uno strato impermeabilizzante, precisamente con coppi e controcoppi, a base di argilla. Inizialmente le facciate esterne della struttura erano rivestite da uno strato di intonaco realizzato con terra, argilla e fibre vegetali.



Fig. 3. Senise (PZ). Struttura da lavoro, vista principale.

#### 4. L'architettura in terra nella regione del Fujian

La tecnica della terra cruda cinese rappresenta una delle più antiche tradizioni costruttive al mondo. Le strutture individuate sul territorio cinese consistono in una elevata percentuale del patrimonio architettonico costruttivo in terra cruda mondiale. Gli edifici in terra sono distribuiti in maniera eterogenea su tutto il territorio cinese ma tra le regioni autonome ed i distretti risulta più significativa la testimonianza della regione del Fujian. All'interno della provincia era possibile contare circa trentamila edifici, circa, in terra a testimonianza di quanto questa tecnica costruttiva fosse propriamente di questo luogo. Con l'avvento dell'industrializzazione dei materiali da costruzione e con i ritmi frenetici dell'era moderna si è gradualmente abbandonata, ma non del tutto, questa tradizione costruttiva portando alla scomparsa di gran parte della memoria collettiva. Attualmente sono presenti circa seimila edifici in terra cruda. Nel 2008, finalmente, viene riconosciuta l'importanza dell'architettura cinese in terra cruda con l'iscrizione di 47 Tulou tra i siti patrimonio dell'umanità Unesco. È doveroso specificare che, sebbene l'architettura in terra cruda cinese è rappresentata per antonomasia dai *Tulou*, nella regione del Fujian sono presenti altre architetture minori. Oltre alle strutture dalle dimensioni contenute appartenenti al panorama agropastorale cinese, sono presenti architetture collettive importanti come i *Tubao* ed i *Zhuang Zhai*. Queste architetture, collocate geograficamente in aree differenti della regione, pur essendo molto differenti tra loro presentano molte analogie appartenenti ai dogmi dell'architettura cinese. Secondo recenti studi le "architetture di villaggio" (*Tulou*, *Tubao* e *Zhuang Zhai*) appartengono alla tradizione costruttiva del popolo degli Hakka, originari delle pianure centrali cinesi che a causa delle guerre tra clan furono costretti a migrare verso sud. La situazione socio economica cinese può essere considerata la forza generatrice che ha costretto questa etnia a migrare e successivamente costruire questi edifici fortificati. R. Krone, scrisse nel 1859 «Non solo i ladri e i pirati, ma anche le faide dei clan sono comuni. Governano quasi continuamente tra diversi villaggi; possono durare a lungo ed essere sanguinanti. Interi villaggi vengono distrutti dai combattimenti». L'obiettivo degli Hakka era quello di costruire una tipologia abitativa, che oggi potremmo definire "Co-housing", completamente autosufficiente fondato sul modello sociale della democrazia. La suddivisione interna scandisce unità abitative perfettamente identiche tra loro tali da non generare distinzioni di rango tra le famiglie. La vita si svolge quasi completamente all'interno della corte e delle stanze. L'ambiente esterno è destinato solo ed esclusivamente alla caccia e all'agricoltura. Sebbene questi edifici non fossero costruiti con materiali pregiati, la loro dimensione e la loro complessità rendeva la loro costruzione molto lenta ed economicamente importante. Mediamente i tempi di costruzione oscillavano tra un tempo minimo di quattro anni ad un massimo di sette anni.

##### *Lo studio della forma*

Le costruzioni in Terra Cruda fanno parte del patrimonio architettonico vernacolare-rurale. Le caratteristiche che contraddistinguono, generalmente, queste tipologie di strutture sono: la semplicità compositiva delle strutture; l'utilizzo dei materiali da costruzione disponibili localmente; la semplicità di posa in opera, da non richiedere una manovalanza specializzata nelle fasi costruttive. Sebbene questa tipologia di edifici appartengano alla cosiddetta "architettura dei non architetti",

ovvero alle pratiche del “saper fare” senza una vera progettazione tecnica a monte, basata prevalentemente da regole dettate dall’esperienza. Nel corso degli anni gli artigiani hanno sperimentato forme e tecniche differenti per rispondere a molteplici esigenze: morfologia del territorio, cambiamenti climatici, calamità naturali, necessità specifiche dell’uomo, ecc. La terra cruda, intesa come materiale da costruzione, ha perso sempre più credibilità a causa delle sue criticità. Ignorando per un attimo la sua scarsa attrattività commerciale, da sempre considerato materiale per poveri, i punti di debolezza di questa tecnica sono prevalentemente due: il fenomeno dell’erosione scatenato da problemi di infiltrazione e la scarsa resistenza ad eventi sismici. La costante ricerca della forma ha portato ad individuare quelle che sono le migliori soluzioni che offrono maggiore stabilità statica anche durante eventi sismici. Le indagini sul patrimonio architettonico in terra esistente ha dimostrato che gli edifici a pianta rettangolare subiscono maggiori complicazioni strutturali a seguito di un sisma, gli edifici a pianta quadrata sono una soluzione ottimale mentre gli edifici a pianta circolare sono quelli che resistono meglio alle spinte orizzontali generate da un terremoto. La forma circolare, come affermato nel trattato del 1909 “La casa antisismica” dell’architetto Giuseppe Torres, riesce a contrastare le spinte esterne riuscendo a rispondere ad esse con uguale resistenza; infatti si denota la necessità di costruire strutture simmetriche e concentriche. Le strutture composte da più forme, ad esempio gli edifici ad “elle”, sono meno stabili e quindi per poter rendere queste strutture stabili è sufficiente separare e rendere indipendenti le strutture portanti delle due forme. La forma cilindrica è quindi vantaggiosa per molteplici aspetti. In tutto il territorio cinese si sono iniziate a diffondere, a partire dal XIII secolo d.C., numerose strutture caratterizzate dalla pianta circolare. Dalla cultura cinese possiamo acquisire i numerosi vantaggi, che la forma tonda ci offre, in termini di costruzione, economia, staticità, funzionalità e religione.

Nello specifico:

- Facilità di posa in opera del materiale, la cassaforma realizzata è la medesima per la costruzione di tutta la muratura perimetrale, tutte le sezioni sono identiche.
- Abolizioni delle soluzioni d’angolo, sia in facciata che sul tutto.
- Maggiore sicurezza statica, come accennato in precedenza, la forma cilindrica ha prestazioni migliori rispetto al parallelepipedo.
- Divisione degli spazi interni equa ed uniforme, tutte le stanze sono bene ventilate e ben illuminate.
- La forma circolare adotta meglio la disciplina della “geomantica” (l’arte della divinazione della terra). Secondo la religione cinese gli angoli delle abitazioni sono punti attrattivi per i malvagi spiriti, la pianta circolare fa sì che gli spiriti attraversino agilmente l’edificio.

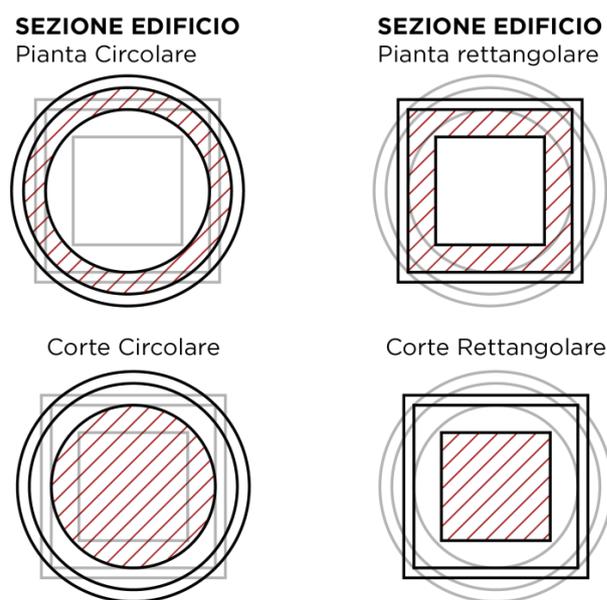


Fig. 4. Analisi sistemazioni spaziali. Confronto tra pianta rettangolare e pianta quadrata.

- Risparmio di (Fig. 1) materiale rispetto alle altre forme. Con la medesima quantità di materiale, nel caso specifico della costruzione di un *Tulou* in terra cruda, è possibile costruire un edificio più grande del 13% circa rispetto alla pianta quadrata; la corte interna di un edificio a pianta circolare risulterà più grande del 41% circa.

### *Tulou, Fujian, Cina*

Il *Tulou*, in cinese 土樓, è un tradizionale edificio residenziale collettivo vernacolare. Con il termine *Tulou* non si indica una determinata tipologia di edificio ma una sorta di descrizione della sua composizione in quanto la sua traduzione letterale consiste in *tu* (土; “terra”) e *lou* (樓; “edificio alto”) ovvero “Edificio imponente in terra battuta”. In realtà la definizione non è del tutto corretta dato che il territorio cinese è ricco di edifici che rientrano in questa descrizione. In realtà per *Tulou* si intende un edificio fortificato residenziale collettivo, di notevoli dimensioni, a pianta circolare, e caratterizzato da murature portanti in terra cruda, pietra e legno. Ogni edificio può ospitare fino a 1000 persone, spesso appartenenti allo stesso nucleo familiare o alla stessa comunità. I *Tulou* sono apparsi tra il XII secolo ed il XX secolo su tutto il territorio cinese ma con un’elevata concentrazione nella regione di Fujian. La stima delle strutture costruite si aggira attorno alle 20.000 unità. Queste strutture possono essere a pianta quadrata o circolare con una grande corte interna. Le tipologie analizzate sono prevalentemente due: a corte vuota e corte piena.

Gli edifici a corte vuota presentano una piazza centrale utilizzata come spazio di aggregazione dinamico. Gli edifici a corte piena sono caratterizzati dalla massimizzazione dello spazio collettivo centrale che all’interno della stessa è possibile trovare: la sala degli antenati, il tempio per le funzioni religiose, deposito di tipo alimentare, deposito di strumenti da lavoro, stalle per il ricovero degli animali e la lavanderia. Dal punto di vista compositivo questo genere di strutture sono caratterizzate da una chiusura totale verso l’ambiente esterno ed un’apertura totale verso l’ambiente interno. La facciata esterna si presenta massiva ed imponente, alleggerita da quattro portali lapidei, disposti lungo due assi ortogonali principali, ed una doppia fila di chiusure trasparenti. La parte interna è costruita con strutture leggere lignee autoportanti, e gli ambienti sono collegati da un corridoio sospeso che affaccia sulla corte. Per questo motivo è possibile definire il *Tulou* come un edificio a ballatoio collettivo. L’anello esterno dell’edificio è realizzato in tecnica

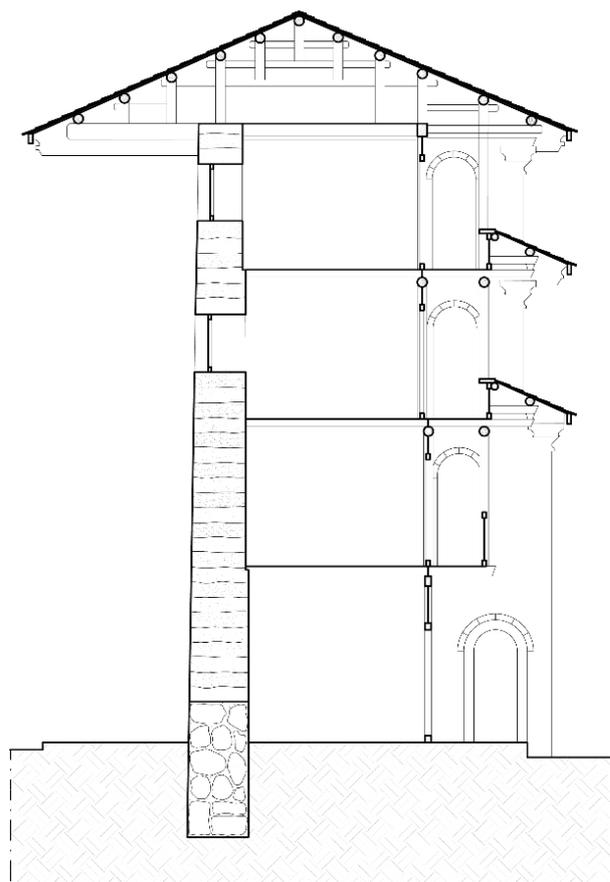


Fig. 5. Sezione tecnologica chiusura verticale Tulou.

mista: fondazione di pietra fluviale in opus reticolatum; basamento fuori terra di pietra in *opus reticolatum*; muratura in terra cruda con spessori 2 m ed altezze fino a 15 m. La sezione verticale mette in evidenza come la forma della parete monolitica esterna non sia perfettamente regolare ma si assottiglia con il progressivo aumento dell'altezza ed è leggermente inclinata verso l'interno, come una muratura di contenimento, per compensare eventuali spinte esterne. L'utilizzo di un elemento monolitico in terra cruda per la facciata esterna dell'edificio è dettata dalla necessità di avere sia maggiore resistenza agli eventuali attacchi esterni e sia avere un materiale ignifugo per maggiore resistenza al fuoco. La struttura portante è realizzata in legno, ad eccezione della muratura circolare esterna in terra, mediante l'utilizzo di travi e pilastri. La divisione interna è realizzata mediante l'utilizzo di pannelli lignei o da telai in bamboo rivestiti in terra cruda con la tecnica del *Torquis*. La copertura è realizzata con una struttura complessa di travi e pilastri fortemente aggettante in modo tale da riparare la muratura in terra cruda, la parte esterna, e le facciate miste in terra e legno, la parte interna, dagli agenti atmosferici. Lo strato di impermeabilizzazione della copertura è caratterizzato da un manto di tegole scure, leggermente convesse verso l'esterno, simile al coppo standard, prodotte in situ.

### **Zhuang Zhai, Fujian, Cina**

Con il termine *Zhuang Zhai*, in cinese 壮寨 si intende un edificio residenziale collettivo e fortificato tipico della regione di Fujian in Cina. Il termine cinese 壮寨 è una parola composta la cui traduzione è *Zhuang* (壮 “villaggio”) e *Zhai* (寨 “Fortificato”) ovvero “villaggio fortificato”. Questa tecnica costruttiva fa parte dell'architettura vernacolare creata dagli antenati come soluzione difensiva ai continui attacchi esterni. Sono presenti molteplici differenze tra i progetti originari e le costruzioni presenti oggi, questo a testimonianza della necessità di far fronte a numeri di famiglie sempre più numerose. La struttura è stata costruita realizzando un basamento di pietre in opus reticolatum sulla quale è iniziata una muratura, dalle notevoli dimensioni, in terra cruda compatta. La facciata esterna si presenta molto chiusa verso l'ambiente esterno. Le bucaure che movimentano la parete sono il portale d'ingresso e le feritoie difensive dei piani superiori. La funzione strutturale all'interno del *Zhuang Zhai* è affidata a travi e colonne lignee costruite secondo gli stili residenziali della tradizione locale. La struttura ed i materiali adoperati per la costruzione sono pensati per riuscire a resistere a lunghi periodi sotto assedio da parte di banditi e i ladri. Lo sviluppo della pianta a base quadrata, o molto raramente a pianta rettangolare, mostra l'aspetto difensivo delineato dai quattro torrioni posizionati strategicamente ai quattro angoli della struttura. Di fondamentale importanza è la muratura monolitica perimetrale in Terra Cruda che non svolge una funzione di ripartimento dei carichi dell'intero edificio ma funge da scudo per eventuali attacchi esterni. La muratura è realizzata con una tecnica costruttiva simile al pisè europeo. La sezione verticale mette in evidenza uno spessore alla base variabile da 1 m a un massimo di 4 m ed una forma della parete monolitica esterna che si assottiglia con il progressivo aumento dell'altezza ed è leggermente inclinata verso l'interno, come una muratura di contenimento, per compensare eventuali spinte esterne. Le prime strutture risalgono al 1300 circa e molte di esse sono sopravvissute ai giorni nostri senza problemi. I *Zhuang Zhai* sono strutture residenziali collettive in grado di ospitare fino a 700 persone spesso appartenenti alla stessa famiglia o allo stesso clan.

## 5. Conclusioni

Lo stato attuale del patrimonio architettonico costruito in terra cruda, in particolare quello italiano, riversa in una situazione critica. Il completo abbandono dei fabbricati, l'assenza di manutenzione, l'azione disgregatrice degli agenti atmosferici e la mancanza di una manodopera specializzata sono le principali cause scatenanti della progressiva estinzione di questa tecnica costruttiva. Questa tecnologia è caratterizzata da una fragilità intrinseca che oggi, con le conoscenze e le tecnologie attuali, è ampiamente superabile.

L'analisi dei casi studio ha evidenziato le principali analogie e differenze dell'uso della terra cruda in contesti socio-economici radicalmente differenti. Pertanto territori differenti, con caratteristiche geomorfologiche dissimili, hanno sviluppato tecniche diverse pur utilizzando la stessa tipologia di materiale.

Nell'Italia meridionale, in Basilicata in particolare, è emerso l'utilizzo della terra cruda nelle costruzioni rurali. Il patrimonio architettonico della Basilicata testimonia la necessità di un popolo di agricoltori e pastori di avere rifugi giornalieri o abitazioni temporanee per il periodo estivo. Le tipologie architettoniche lucane sono strutture elementari composte da muratura perimetrale in mattoni di adobe, pavimentazione in terra battuta, focolaio con canna fumaria incassata nella muratura e tetto a falde inclinate con copertura di embrici curvi. Non sono presenti, eccetto per un caso o due in tutta la regione, elementi decorativi a testimonianza della delicata condizione economica della popolazione.

L'analisi del caso studio cinese, nello specifico della regione del Fujian, ha evidenziato diverse analogie con il contesto socio economico e geologico della Basilicata. Le analogie riguardano: la povertà, l'assenza di cave di pietra nelle vicinanze, la presenza abbondante dell'argilla. La principale necessità della popolazione degli Hakka è stata quella di costruire un'abitazione permanente in grado di poter accogliere un numero di unità abitative elevato. Questo ha generato un'architettura collettiva di grandi dimensioni in grado di massimizzare ogni spazio. I *Tulou* e sia i *Zhuang Zhai* sono costruzioni dove la terra cruda, adoperata per la realizzazione della muratura perimetrale fortificata, collabora con altre parti strutturali, come solai e tramezzature, interamente in legno.

Ai fini della ricerca è di fondamentale importanza porre a confronto le due esperienze affinché, in ottica di sviluppo futuri, si possa ripensare ad una nuova riutilizzazione di questa antica tecnica costruttiva. La tipologia costruttiva lucana spinge a pensare ad un'architettura in terra cruda autoportante in grado di definire strutture semplici ed essenziali, in linea con il modello teorico dell'*existenzminimum*, completamente indipendenti. Le tipologie costruttive (*Tulou Zhang Zhai*) della Cina meridionale sono la testimonianza dell'evoluzione tecnica e tecnologia di come le murature in terra cruda fossero in grado di raggiungere altezze considerevoli basandosi semplicemente sulla tecnica dell'auto costruzione.

La tecnica costruttiva in terra cruda presenta oggi una reale soluzione ecosostenibile in un periodo dove l'attenzione verso le tematiche ambientali è obbligatoria. L'analisi dei casi studio ha dimostrato come il perpetuarsi di una tecnica tradizionale possa trasformarsi in modernità. Recuperare le antiche tradizioni costruttive potrebbe portare ad un risparmio economico-energetico notevole. Le strutture hanno dimostrato come, nonostante lo stato di totale abbandono, sono durevoli se re-

alizzate ad opera d'arte. Il riutilizzo della tecnica in terra cruda significa costruire le strutture con il materiale estratto direttamente dallo scavo di cantiere. Questo atavico *modus operandi* riporta al concetto di armonia architettonica, tra paesaggio e costruito, che oggi è andato perduto. Gli sviluppi futuri del lavoro di ricerca saranno incentrati sulla messa appunto di sistemi costruttivi in grado di dare risposte automatizzate capaci di rendere nuovamente attuale la terra cruda. L'industria 4.0 offre molti spunti di riflessione sul miglioramento del lavoro e l'aumento della produttività. La terra cruda, come materiale da costruzione, offre grandi margini di miglioramento ed è caratterizzato da una pluralità di future metodologie di applicazione. Una rivoluzione costruttiva potrebbe considerare l'utilizzo di stampanti 3D in grado di produrre case sostenibili in maniera automatizzata e standardizzata.

Secondo le stime delle Nazioni Unite entro il 2100 la popolazione mondiale raggiungerà circa i 12 miliardi. Saremo ben presto di fronte ad una sfida difficile ovvero ampliare sempre più le nostre città in maniera sostenibile e controllata. Bisogna esser pronti a rinnovare l'idea di città e rinnovare il paradigma di architettura.

### ***Riferimenti bibliografici***

- [1] Franciosa L. La casa rurale nella Lucania. Comitato Nazionale per la Geografia, C.N.R., Firenze, 1942 e 1979.
- [2] Vitruvio MP. "De Architettura". II Libro.
- [3] Baldacci O. Geographic environment of earthen houses in Italy. In: Italian geographic magazine, volume LXV, La Nuova Italia, Florence, 13-43.
- [4] Torres G. La casa antisismica. Cooperativa Tipografica Manuzio. Roma, 1909.
- [5] Minke G. Earth Construction Handbook: The Building Material Earth in Modern Architecture. WIT Press, 1782.
- [6] Bertagnin M. Architetture di terra in Italia. EdicomEdizioni, Monfalcone (GO), 1999.
- [7] Greco G. Serra di Vaglio la Casa dei Pithoi. Franco Cosimo Panini, Modena, 1991.
- [8] Krone R. "A Notice of the Sanon District". Citato in: Freedman, 1966.
- [9] Pagano G, Daniel G. Architettura rurale Italiana. Ulrico Hoepli Editore, 1936
- [10] Guida AG, Mecca I. "Progettare in terra cruda per un'Architettura bioclimatica". In: Greco A., Quagliarini E (a cura di). L'involucro edilizio. Una progettazione complessa. Alinea editrice, Firenze, 45, 3-461, 2017
- [11] Guida AG, Bernardo G. "Heritages of stone: materials degradation and restoration works. In: Reuso2015 - Documentación, Conservación, y Reutilización del Patrimonio Arquitectónico, 299-306, 2015.
- [12] Guida AG, Bernardo G, Mecca I. "Advancements in shotcrete technology. pp. 591-602. In: "Structural Studies, Repairs and Maintenance of Heritage Architecture XIV". In: "with transactions on the built environment", 153, 2015.

