Colloqui.AT.e 2017

DEMOLITION OR RECONSTRUCTION?

a cura di

Gabriele Bernardini, Elisa Di Giuseppe

EdicomEdizioni

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 sottomessi, i cui contenuti sono stati dichiarati originali dagli autori stessi, sono stati sottoposti ad un processo di double blind review.

e-book a cura di Gabriele Bernardini e Elisa di Giuseppe.

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

I testi e le foto sono stati forniti dagli autori.

© 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.

ISBN 978-88-96386-58-3

Prima edizione agosto 2017

Colloqui.AT.e 2017

DEMOLITION OR RECONSTRUCTION?

a cura di

Gabriele Bernardini, Elisa Di Giuseppe

Ancona, 28-29 settembre 2017

EdicomEdizioni

L'evento **Colloqui.AT.e 2017** è realizzato con il sostegno di:

AhRCOS www.ahrcos.it

MAPEI www.mapei.it

L'evento **Colloqui.AT.e 2017** è organizzato da:

L'evento **Colloqui.AT.e 2017** è realizzato con il patrocinio di:

Università Politecnica delle Marche

UNIVERSITÀ POLITECNICA DELLE MARCHE

Consiglio Nazionale degli Ingegneri

Ingegneri per la Prevenzione e le Emergenze

Ordine degli Ingegneri della Provincia di Ancona

Ordine degli Architetti, Pianificatori, Paesaggisti e Conservatori della Provincia di Ancona.

Comitato di Coordinamento dei Collegi dei Geometri e G.L. della Regione Marche

Indice

Premessa 16

Introduzione 18

Comitati 22

MAIN SESSION - Construction History and Preservation 25

Storia della costruzione

IL RECUPERO DELLA MEMORIA: LA RIFUNZIONALIZZAZIONE DI CASA MOLINARI A MORRA DE SANCTIS (AV) 26
Francesco Polverino, Roberto Castelluccio, Adriana Luciano

INNOVAZIONE TECNOLOGICA NASCOSTA: L'ARCHITETTURA DEL VENTENNIO A MACERATA, IL PALAZZO DEGLI STUDI 38
Margherita Giampaoli, Gianvittorio Antenucci, Vanessa Terlizzi, Placido Munafò

INTELAIATURE LIGNEE LEGGERE QUALE PRESIDIO ANTISISMICO NELL'ARCHITETTURA TRADIZIONALE DI AREA MEDITERRANEA 51
Tiziana Campisi

LA CUPOLA DELLA "BADIA DI SANT'AGATA" A CATANIA: UN ESEMPIO DI COSTRUZIONE AUTOPORTANTE E DI PRESIDIO ANTISISMICO ANTE LITTERAM 67
Francesco Cannizzaro, Mariangela Liuzzo, Giuseppe Margani, Bartolomeo Pantò

LA LEZIONE DEL TERREMOTO NELLA SICILIA ORIENTALE: PRESIDI ANTISISMICI, RIPARAZIONI E TRASFORMAZIONI DELLE FABBRICHE TRADIZIONALI 78
Alessandro Lo Faro, Attilio Mondello, Angelo Salemi

LA TENDA DI ADALBERTO LIBERA 92
Gianraffaele Loddo

LE CASE ANTISISMICHE DELLA SOCIETÀ PORCHEDDU NELLA RICOSTRUZIONE DI MESSINA DOPO IL TERREMOTO DEL 1908 104
Caterina Mele, Paolo Piantanida

PROVVEDIMENTI ANTISISMICI NELLA RICOSTRUZIONE SETTECENTESCA DEL VAL DI NOTO 117
Corrado Fianchino, Manuela Marino, Eleonora Vinci

Vulnerabilità urbana

LA VULNERABILITÀ SISMICA DEGLI AGGREGATI EDILIZI 127
Riccardo Gulli, Giovanni Mochi, Giorgia Predari

TERREMOTO E COSTRUZIONE: L'EVOLUZIONE DI UN SAPERE TECNICO E TEORICO NELLA CITTÀ DI SALERNO 137
Federica Ribera, Rossella Del Regno, Alessandra Landi

Tecniche costruttive e prestazioni negli edifici esistenti

ARCHITETTURA IN TERRA CRUDA: PROBLEMATICHE DI DISSESTO. IL CASO DELLA BASILICATA 149
Nicola Masini, Giovanna Forlenza, Antonella Guida

COMPORTAMENTO SISMICO DI TETTI IN CEMENTO ARMATO SU EDIFICI IN MURATURA 163
Alessandro Cardoni, Gian Paolo Cimellaro

CONSERVARE LA MODERNITÀ. ANALISI DELLE TECNICHE COSTRUTTIVE DELL'ARCHITETTURA INDUSTRIALE FRIULANA. 175
Giorgio Croatto, Angelo Bertolazzi, Umberto Turrini

CULTURA SISMICA LOCALE. L'USO DEL LEGNO NEI PRESIDI ANTISISMICI PREMODERNI A L'AQUILA 187
Alessandra Tosone, Alessandra Bellicoso

I CURTAIN WALL "ALL'ITALIANA" DEL PALAZZO DELL'ENEL DI GIGI GHÒ A CAGLIARI 199
Giuseppina Monni, Paolo Sanjust, Antonello Sanna

IL DESTINO DELLE CUPOLE, TRA CROLLI, DEMOLIZIONI, CONSOLIDAMENTI E RICOSTRUZIONI 214
Giovanni Fatta, Tiziana Campisi, Calogero Vinci

IMPARARE DAL PASSATO: COSTRUZIONI IN TERRA IN ZONA SISMICA 228
Maddalena Achenza, Gianmarco Chiri

INVOLUCRI INNOVATIVI IN PIETRA MASSIVA: EFFICIENZA PRESTAZIONALE E VALENZE ESPRESSIVE IN RAPPORTO ALLE TECNICHE TRADIZIONALI DELL'EDILIZIA STORICA 241
Silvia Mariani, Federica Rosso, Marco Ferrero

LA CONOSCENZA DEL SOTTOSUOLO DI NAPOLI PER LA MITIGAZIONE DEL RISCHIO DI CROLLI E DISSESTI 253
Mario Cristiano

LE CHIESE MONOAULA AQUILANE ED IL SISMA DEL 2009: CONOSCENZA, MODELLAZIONE, INTERVENTO 263
Alessandro Lo Faro, Loredana Contrafatto, Angelo Di Stefano

PER IL RECUPERO DEGLI EDIFICI STORICI DISMESSI DEL CENTRO STORICO DI NAPOLI: IL CASO DEL COMPLESSO DI S. MARIA DELLA FEDE 275
Francesco Polverino, Rossella Marmo

PRATICA E CRITICITÀ DELLE SOPRAELEVAZIONI NELLA COSTRUZIONE STORICA PALERMITANA 287
Enrico Genova, Calogero Vinci

RIFLESSIONE DIACRONICA SULLA VULNERABILITÀ SISMICA DEL PATRIMONIO EDILIZIO STORICO MESSINESE 299
Ornella Fiandaca, Antonino Recupero

SOLUZIONI PER L'INTEGRAZIONE DI FACCIATE VENTILATE E CONTROVENTI DISSIPATIVI 312
Stefano Cascone, Irene Lionti

STORIA DELLA COSTRUZIONE E RECUPERO ANTISISMICO DELL'EDIFICIO POSTALE DI CASSINO 324
Marcello Zordan, Franco Fragnoli

VALUTAZIONE DELLA VULNERABILITÀ SISMICA DI UN COMPLESSO DI EDILIZIA POPOLARE 334
Gigliola Ausiello, Ida Mascolo

Conservazione dei centri storici e sicurezza delle persone

L'EMERGENZA SISMICA NEI CENTRI STORICI IN CASO DI GRANDE AFFOLLAMENTO: DALL'ANALISI DEL COMPORTAMENTO UMANO AGLI STRUMENTI PROGETTUALI 347
Gabriele Bernardini, Chiara David, Silvia Santarelli, Enrico Quagliarini, Marco D'Orazio

LA PIANIFICAZIONE PREVENTIVA AI DISASTRI NEI CENTRI STORICI. PREPARARE LA REAZIONE ALL'IMPATTO E GUIDARE LA RICOSTRUZIONE 361
Alessandro D'Amico, Edoardo Currà

RILIEVO STORICO-COSTRUTTIVO E LIVELLI DI CONOSCENZA: UN WORKSHOP PER LA PREVENZIONE E IL RECUPERO DEL CENTRO STORICO DI FIAMIGNANO 376
Edoardo Currà, Alessandro D'Amico, Malte Nettekoven, Pasquale Leonardi, Martina Russo, Laura Severi

RISCHIO VS ARCHITETTURA 390
Giorgio Cacciaguerra, Maria Paola Gatti

STRATEGIE E PROCEDURE PRESTAZIONALI PER LA GESTIONE DELLE SITUAZIONI DI EMERGENZA 400
Roberto Vancetti, Sara Angelini

MAIN SESSION - Construction and Building Performance 411

Soluzioni innovative per costruzioni efficienti (sostenibili)

BIO-CALCESTRUZZI. TECNOLOGIE ED UTILIZZI NEL RECUPERO EDILIZIO 412
Camilla Sansone

LA RIQUALIFICAZIONE DEGLI EDIFICI RESIDENZIALI PUBBLICI TRA LIMITI PRESTAZIONALI E NUOVE PROSPETTIVE DI SVILUPPO 422
Carla Chiarantoni, Calogero Montalbano

CONSIDERAZIONI SULLA PERCEZIONE DEL COMFORT ABITATIVO NELLA PROGETTAZIONE POST BELLICA E POST SISMICA 435
Claudia Lombardi, Marina Fumo

DEFINIZIONE PRELIMINARE DEL MONITORAGGIO ENERGETICO PER L'IMPLEMENTAZIONE DI UN EDIFICIO COGNITIVO. IL PADIGLIONE MANDOLESI DELL'UNIVERSITÀ DI CAGLIARI 447
Giuseppe Martino Di Giuda, Emanuela Quaquero, Valentina Villa, Lavinia Chiara Tagliabue, Giuseppe Desogus, Antonello Sanna, Angelo Luigi Camillo Ciribini

FACCIATA CONTINUA IN PULTRUSO: VERIFICA TECNOLOGICA E PRESTAZIONALE 459
Vanessa Terlizzi, Margherita Giampaoli, Placido Munafò

LA METODOLOGIA "MEASUREMENT AND VERIFICATION" NEL PROGETTO EUROPEO R2CITIES – DEMO GENOVA 472
Alberto Messico, Renata Morbiducci, Clara Vite

LA STRATEGIA DEL PROGETTO ABRACADABRA PER AZZERARE IL CONSUMO ENERGETICO E BILANCIARE I COSTI NELLA RIQUALIFICAZIONE DEGLI EDIFICI ESISTENTI 482
Annarita Ferrante, Elena Cattani, Anastasia Fotopoulou, Riccardo Gulli, Giovanni Semprini

LETTURA TIPOLOGICA E VALUTAZIONE DI COMPATIBILITÀ DI SOLUZIONI PROGETTUALI LOW CARBON PER IL RECUPERO ENERGETICO E AMBIENTALE DEL BORGO APPENNINICO DI NAVELLI (AQ) 493
Barbara Gherri

MODELLI COMPORTAMENTALI PER LA PREVISIONE DELL'INTERAZIONE FINESTRE-UTENTI NEL PERIODO ESTIVO 507
Federica Naspi, Francesca Stazi, Marco Arnesano, Federico Seri, Lorenzo Zampetti, Gian Marco Revel, Marco D'Orazio

OTTIMIZZAZIONE MULTI-OBIETTIVO PER L'EFFICIENTAMENTO ENERGETICO DI EDIFICI IN CLIMA CALDO E TEMPERATO 517
Elisa Di Giuseppe, Gabriele Galdenzi, Costanzo Di Perna

RIQUALIFICAZIONE SOSTENIBILE DELL'EDILIZIA ECONOMICA E POPOLARE IN UNA STRATEGIA DI TOTAL QUALITY 529
Stefano Cascone, Valentina Rosa Petrone, Gaetano Sciuto

SISTEMI DI FACCIATA ADATTIVA 539
Pierpaolo Ruttico, Erica Gamba, Emilio Pizzi

SOLUZIONI ABITATIVE INNOVATIVE PER "VIVERE ATTIVAMENTE E IN MODO AUTONOMO A CASA": LA SFIDA DEL PROGETTO AUSILIA 550
Antonio Frattari, Michela Dalprà, Barbara Bauer, Lorenzo Luchetta, Michela Chiogna

STUDI DI OTTIMIZZAZIONE TOPOLOGICA E DI FABBRICAZIONE ADDITIVA PER ELEMENTI STRUTTURALI 562
Pierpaolo Ruttico, Erica Gamba, Emilio Pizzi

SVILUPPO, CARATTERISTICHE E APPLICAZIONI POSSIBILI DI MALTE COLORATE COOL PER L'AMBIENTE COSTRUITO 573
Federica Rosso, Marco Ferrero, Anna Laura Pisello

UNA NUOVA SFIDA PER L'EMERGENZA: SOLUZIONI ABITATIVE MOBILI AD ALTE PRESTAZIONI 585
Gaetano Sciuto, Manuela Marino, Oriana La Verde

UNA POSSIBILE RISPOSTA PER L'ADEGUAMENTO SISMICO E LA VALORIZZAZIONE DEI BORGHI ANTICHI: IL PROTOCOLLO "CASA 21" 597
Enrico Sergio Mazzucchelli, Angelo Lucchini

Soluzioni innovative per la riabilitazione degli edifici

ESOSCHELETRI E SENSORISTICA PER LA RIDUZIONE DELLA VULNERABILITÀ SISMICA DI EDIFICI DI NUOVA PROGETTAZIONE ED ESISTENTI IN CALCESTRUZZO ARMATO 607
Agostino Catalano

I MATERIALI INNOVATIVI PER LA RIQUALIFICAZIONE DI COSTRUZIONI ESISTENTI 618
Renata Morbiducci, Clara Vite, Federica Franza

INNOVAZIONE PER LA RICOSTRUZIONE: IL "GETTO DA MURO" 630
Paolo Fiamma

LA RECENTE PRATICA DELLA RIQUALIFICAZIONE O DELLA DEMOLIZIONE E RICOSTRUZIONE DELL'EDILIZIA RESIDENZIALE IN ITALIA: DUE CASI PARTICOLARI 640
Luca Guardigli, Riccardo Gulli, Cecilia Mazzoli

MISURE COMPARATIVE DELLE PROPRIETÀ ISOLANTI DI MATERIALI DIVERSI E SISTEMI DI FACCIATA ACCOPPIATI A STRUTTURA IN LEGNO LAMELLARE CLT 652
Graziano Salvalai

RECUPERO DI MURATURE STORICHE MEDIANTE CONSOLIDAMENTO CON FIBRE IN POLIMERO RINFORZATO 663
Edino Valcovich, Carlo Antonio Stival, Nicola Strazza, Raul Berto

RIQUALIFICAZIONE E ADEGUAMENTO STRUTTURALE ANTISISMICO DELL'ARCHITETTURA MODERNA IN CENTRO STORICO. IL CASO DELLE EX CLINICHE PEDIATRICHE UNIVERSITARIE A CAGLIARI 675
Carlo Atzeni, Stefano Cadoni, Luigi Fenu, Francesco Marras, Paolo Putzulu, Francesco Sedda, Claudio Sirigu

RISCHI DA SISMA E USO DI TECNOLOGIE APPROPRIATE PER PROTEGGERE IL PATRIMONIO ESISTENTE 688
Rosa Maria Vitrano

Metodi e tecniche per il controllo e il monitoraggio delle prestazioni e delle patologie degli edifici

ANALISI DEGLI INTERVENTI POST-SISMA. IRPINIA '80 E BRADISISMO DI POZZUOLI. 700
Marina Fumo, Roberto Castelluccio, Roberto Vigliotti, Claudio D'Aniello

APPLICAZIONE DEL METODO FMEA PER LA VALUTAZIONE DI AFFIDABILITÀ DELLE STRUTTURE 712
Maurizio Nicolella, Claudio Scognamillo

EDIFICI STORICI E MODELLAZIONE GLOBALE A TELAIO EQUIVALENTE: CONFRONTO TRA SIMULAZIONI NUMERICHE E COMPORTAMENTO REALE ATTRAVERSO UN CASO DI STUDIO 726
Gianluca Maracchini, Enrico Quagliarini, Francesco Clementi, Francesco Monni

FATTORI DI VULNERABILITÀ SISMICA NELLE ARCHITETTURE VOLTATE DI TORINO ESPOSIZIONI 738
Carlo Caldera, Rosario Ceravolo, Cristiana Chiorino, Erica Lenticchia, Carlo Ostorero

IL BIM NELLA PROGETTAZIONE SOSTENIBILE 749
Antonio De Vecchi, Simona Colajanni, Elisabetta Caradonna

IL RECUPERO DELLE STRUTTURE IN CALCESTRUZZO ARMATO: L'INFLUENZA DEL RITIRO SULLE PRESTAZIONI IN ZONA SISMICA 760
Agostino Catalano, Camilla Sansone

INFLUENZA DELLE FINITURE SULLE PRESTAZIONI MOISTURE BUFFERING DI BLOCCHI IN CALCE E FIBRA DI CANAPA 772
Andrea Gianangeli, Matteo Gennari, Elisa Di Giuseppe, Marco D'Orazio

INTERVENTI ANTISISMICI LOW IMPACT E LOW COST SULL'EDILIZIA DI NUOVA COSTRUZIONE 782
Raffaella Lione, Fabio Minutoli, Pietro Totaro

L'OSPEDALE DI MAZZARINO: METODI DI INDAGINE PER LA VALUTAZIONE DELLA VULNERABILITÀ SISMICA ESISTENTE 797
Gaetano Sciuto, Manuela Marino, Oriana La Verde

QUALIFICAZIONE E VALUTAZIONE DI CARATTERISTICHE, PATOLOGIE E PRESTAZIONI NEGLI EDIFICI STORICI MEDIANTE AMBIENTI DIGITALI IMMERSIVI 807
Mariella De Fino, Albina Scioti, Rocco Rubino, Fabio Fatiguso

SITI DEL PATRIMONIO COSTRUITO CULTURALE: RILIEVI E TECNICHE DI VALUTAZIONE SPEDITIVA DELLA VULNERABILITÀ SISMICA ALLA SCALA DELL'AGGREGATO EDILIZIO ED URBANO. ANALISI GEOMETRICO DEDUTTIVE. IL CASO DI STUDIO DEGLI EDIFICI PORTICATI DI PIAZZA SANTAROSA A SAVIGLIANO 819
Giorgio Garzino, Maurizio Marco Bocconcino, Vincenzo Donato

SITI DEL PATRIMONIO COSTRUITO CULTURALE: RILIEVI E TECNICHE DI VALUTAZIONE SPEDITIVA DELLA VULNERABILITÀ SISMICA ALLA SCALA DELL'AGGREGATO EDILIZIO ED URBANO. PROPOSTA DI UN METODO. 836
Giorgio Garzino

TEST PRELIMINARI PER L'USO DEL DTS ATTIVO NELLA MISURA NON INVASIVA DELL'UMIDITÀ DEL TUFO 848
Rosa Agliata, Roberto Greco, Luigi Mollo, Ester Catalano, Aldo Minardo, Luigi Zeni

UN RILIEVO INTEGRATO PER LA DOCUMENTAZIONE DIGITALE E IL MONITORAGGIO DELL'EDILIZIA STORICA: IL CASO DELLA CHIESA DI SAN FILIPPO A CAGLI 856
Romina Nespeca, Raissa Mammoli

MAIN SESSION - Building and Design Techniques 869

Principi e pratiche di sostenibilità nel retrofitting degli edifici esistenti in chiave di prevenzione sismica

COSTI DI RIQUALIFICAZIONE SISMICA ED ENERGETICA PER EDIFICI MULTIPIANO NEL SUD ITALIA 870
Giuseppe D'Agata, Giuseppe Margani, Walter Pettinato

CRITERI PER UNA PROGETTAZIONE COMPATIBILE CON LA CONSERVAZIONE E L'ACCESSIBILITÀ DEGLI EDIFICI STORICI 882
Mauro Caini, Rossana Paparella

EDIFICI STORICI ED INTERVENTI DI RIABILITAZIONE SISMICA NELLA CITTÀ DI NOCERA UMBRA A SEGUITO DEL TERREMOTO DEL 1997 894
Francesco Broglia

EDILIZIA SCOLASTICA: ANALISI E INTERVENTI DI MIGLIORAMENTO/ADEGUAMENTO SISMICO E FUNZIONALE 901
Cesira Paolini, Marina Pugnaletto

IL COMPROMESSO PROGETTUALE NEI SASSI DI MATERA 916
Antonio Giulio Loforese, Antonella Guida, Antonello Pagliuca

INTERVENTI ANTISISMICI LOW IMPACT E LOW COST SULL'EDILIZIA ESISTENTE 925
Raffaella Lione, Fabio Minutoli, Pietro Totaro

PREVENZIONE SISMICA E MIGLIORAMENTO ENERGETICO NEL RECUPERO DI AGGREGATI EDILIZI: RISULTATI DA UN CASO DI STUDIO DEL CRATERE SISMICO AQUILANO 939
Gianni Di Giovanni

PROGETTI DI RIQUALIFICAZIONE PER EDIFICI SCOLASTICI NELL'AMBITO DEL TERRITORIO GENOVESE 952
Clara Vite, Renata Morbiducci, Alberto Messico

RECUPERO EDILIZIO VS DEMOLIZIONE E RICOSTRUZIONE: ANALISI E VALUTAZIONI PER LA SCELTA DELL'INTERVENTO 964
Pierfrancesco Fiore, Giuseppe Donnarumma, Claudia Sicignano

RIDUZIONE DEL RISCHIO SISMICO E RETROFITTING DEGLI EDIFICI SCOLASTICI: IL CASO DELLA SCUOLA "PUCCINI" DI SENIGALLIA (AN) 976
Francesco Monni, Enrico Quagliarini, Stefano Lenci, Francesco Clementi

SOSTENIBILITÀ EDILIZIA E RESISTENZA SISMICA DEGLI EDIFICI: INTEGRAZIONE DI UNO SPECIFICO CRITERIO NEL PROTOCOLLO ITALIANO ITACA 988
Emilia Conte, Filippo Giove

UNA STRATEGIA INCLUSIVA E SOSTENIBILE PER LA VALORIZZAZIONE DELL'AREA ARCHEOLOGICA DI VELIA 999
Giacomo Di Ruocco, Enrico Sicignano, Pierfrancesco Fiore, Emanuela D'Andria

VALUTAZIONE DI SISTEMI INTEGRATI DI ILLUMINAZIONE NATURALE/ARTIFICIALE NEL RESIDENZIALE PER IL RISPARMIO ENERGETICO E IL COMFORT VISIVO 1010
Rossano Albatici, Michela Chiogna, Stefano Dallapiccola

Problema abitativo durante scenari di disastro

BOX-HOUSING: IMPIANTO DI CARGOTECTURE PER GESTIRE TEMPESTIVAMENTE LE SITUAZIONI DI EMERGENZA 1023
Santi Maria Cascone, Nicoletta Tomasello, Vincenza Zaccaria

CASE ALLOGGIO POST SISMA: PREFABBRICAZIONE LEGGERA E/O PESANTE. APPROCCIO CONOSCITIVO PER UNA RIQUALIFICAZIONE CONSAPEVOLE 1035
Claudia Sicignano, Pierfrancesco Fiore, Giacomo Di Ruocco

COSTRUZIONI POST-SISMICHE: ANALISI STORICA DELL'ABITARE IN EMERGENZA 1049
Stefano Cascone, Giuseppe Russo, Nicoletta Tomasello

EVOLUZIONE TIPOLOGICA E TECNOLOGICA DEI SISTEMI DI ABITAZIONE PER L'EMERGENZA 1061
Tiziana Firronc

L'ABITARE FRAGILE: CRITERI DI METAPROGETTAZIONE E SOLUZIONI TECNICHE PER UN CAMPO DI ACCOGLIENZA 1074
Emilia Garda, Marika Mangosio, Chiara Serra

L'ARCHITETTURA DELL'EMERGENZA. GLI ASPETTI QUALITATIVI DI UN INSEDIAMENTO TEMPORANEO 1085
Francesca Primicerio, Enrico Sicignano, Giacomo Di Ruocco

SISTEMI MODULARI ABITATIVI TEMPORANEI E REIMPIEGABILI AD ALTA EFFICIENZA ENERGETICA 1097
Rossana Paparella, Mauro Caini

TRASPORTABILITÀ E COMPONIBILITÀ DI MODULI ABITATIVI PER L'EMERGENZA IN X-LAM 1108
Santi Maria Cascone, Nicoletta Tomasello, Matteo Vitale

Strumenti per la progettazione e gestione degli edifici

DATA-DRIVEN ENERGY RETROFIT PER GLI EDIFICI SCOLASTICI 1121
Nicola Moretti, Andrea Giovanni Mainini, Lavinia Tagliabue, Sebastiano Maltese, Mario Claudio Dejaco, Valentina Villa, Giuseppe Di Giuda, Tiziana Poli, Angelo Ciribini, Enrico De Angelis, Seyedamir Hakim, Fulvio Re Cecconi

IL COMPLESSO PROBLEMA DELLE RICOSTRUZIONI DOPO I TERREMOTI, TRA MEMORIE DEI LUOGHI E QUALITÀ PROGETTUALE 1132
Enrico Sicignano, Pierfrancesco Fiore, Giacomo Di Ruocco

IL DEGRADO DELL'EDILIZIA POPOLARE E DI EMERGENZA IN 'PREFABBRICATI PESANTI': LA SOSTITUZIONE EDILIZIA QUALE OCCASIONE PER UNA NUOVA IDENTITÀ DELL'ABITARE 1142
Giacomo Di Ruocco, Enrico Sicignano, Francesca Primicerio

IL PROGETTO DI UN OSPEDALE SOSTENIBILE IN COLOMBIA 1156
Marco Morandotti, Daniela Besana

INDICATORI DI INCERTEZZA DELLE VALUTAZIONI LIFE CYCLE ASSESSMENT 1166
Carmine Cavalliere, Guido Raffaele Dell'Osso

OTTIMIZZARE I PROCESSI EDILIZI IN CONTESTI CRITICI. VALUTAZIONI DI FATTIBILITÀ ATTRAVERSO L'INTEGRAZIONE DI MODELLI BIM E LA SIMULAZIONE BASATA SU AGENTI INTELLIGENTI 1176
Gabriele Novembri, Antonio Fioravanti, Francesco Livio Rossini

PROGETTO PER UNA NUOVA RESIDENZA STUDENTESCA DEL POLO UNIVERSITARIO DI S. MARTINO DI GENOVA 1184
Enrico Dassori, Renata Morbiducci, Giulia Barenghi

WORKFLOW BIM PER LA GESTIONE E LA VALORIZZAZIONE DELL'ARCHITETTURA MODERNA. IL PADIGLIONE MANDOLESI DELL'UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI CAGLIARI 1196
Giuseppe Martino Di Giuda, Emanuela Quaquero, Valentina Villa, Lavinia Tagliabue, Giuseppe Desogus, Antonello Sanna, Angelo Luigi Camillo Ciribini, Stefano Della Torre

PHD SESSION- Construction History and Preservation 1209

Storia della costruzione

GLI ARSENALI NAVALI MEDIEVALI NEL MEDITERRANEO: ANALISI COMPARATIVA DELL'EVOLUZIONE TIPOLOGICO-FUNZIONALE E LINEE GUIDA PER LA CONOSCENZA E VALORIZZAZIONE 1210
Domenico Debenedictis

INGEGNERIA STRUTTURALE "MADE IN ITALY" TRA SISMA, FRANE E ARCHEOLOGIA: IL CASO DEL VIADOTTO AKRAGAS DI RICCARDO MORANDI 1221
Francesco Cammarata

RICOSTRUIRE L'ITALIA DISTRUTTA DALLA GUERRA: EMERGENCY ENGINEERING (1943-1952) 1231
Ilaria Giannetti

Vulnerabilità urbana

DALLA VALUTAZIONE DELLA VULNERABILITÀ ALLA DEFINIZIONE DELLE MAPPE DI RISCHIO PER LA PIANIFICAZIONE DELL'EMERGENZA NEI CENTRI STORICI 1243
Silvia Santarelli

STRATEGIE SMART PER LA CONSERVAZIONE E IL MONITORAGGIO DEL PATRIMONIO CULTURALE PER L'INNOVAZIONE DEI PROCESSI DI PROGETTAZIONE E MANUTENZIONE PROGRAMMATA 1255
Vito D. Porcari

Tecniche costruttive e prestazioni negli edifici esistenti

ARCHITETTURE ECCLESIASTICHE STORICHE: PERCORSO DELLA CONOSCENZA E INTERVENTI POST-SISMA 1265
Fabio De Guglielmo

LE COPERTURE DEL PALAZZO CENTRALE DELL'UNIVERSITÀ DI PAVIA: CONOSCENZA PER LA CONSERVAZIONE PROGRAMMATA 1277
Emanuele Zamperini

MODELLO DI CONOSCENZA E DI CONTESTO PER LA PREVENZIONE DEI RISCHI CAUSATI DA EVENTI NATURALI 1287
Silvia Gargaro

PATRIMONIO ARCHITETTONICO DIFFUSO: LE TORRI DELL'APPENNINO PIACENTINO 1298
Valentina Cinieri

Conservazione dei centri storici e sicurezza delle persone

DEMOLIZIONE E RICOSTRUZIONE COME OPPORTUNITÀ DI CRESCITA E SVILUPPO DELL'ARCHITETTURA: IL PRINCIPATO DI MONACO 1309
Gianluca Lecoque

FONDI EUROPEI STRUTTURALI DI INVESTIMENTO: UNA RISORSA PER LA RIQUALIFICAZIONE ENERGETICA E LA PREVENZIONE DEL RISCHIO SISMICO 1320
Maria Giada Bozzoli

PHD SESSION - Construction and Building Performance 1333

Soluzioni innovative per costruzioni efficienti (sostenibili)

FATTORI INTRINSECI PER L'ANALISI DELLE VARIAZIONI DI TEMPERATURA A SCALA MICRO-URBANA DI UN CONTESTO URBANO STORICO IN AREA MEDITERRANEA 1334
Elena Cantatore

LA GESTIONE SOSTENIBILE DEL PATRIMONIO EDILIZIO DELLE UNIVERSITÀ STORICHE 1346
Simone Lucenti

LA RISCOPERTA DELLA PIETRA MASSIVA NELLA CULTURA ARCHITETTONICA CONTEMPORANEA: INNOVAZIONI, VALENZE ESPRESSIVE E PRESTAZIONALI 1357
Silvia Mariani

Soluzioni innovative per la riabilitazione degli edifici

DUE CASI STUDIO E DI RILIEVO COSTRUTTIVO A ROMA: IL SISTEMA ZEISS-DYWIDAG PER VOLTE CILINDRICHE SOTTILI NELLE RIMESSE STA DI PIAZZA RAGUSA E ATAG DI TRASTEVERE 1369
Martina Russo

PROGETTO DI UN SISTEMA COSTRUTTIVO INDUSTRIALIZZATO A SECCO CON CARATTERISTICHE MASSIVE 1383
Davide Prati

Metodi e tecniche per il controllo e il monitoraggio delle prestazioni e delle patologie degli edifici

UN METODO BASATO SULL AHP INTEGRATO NEI SISTEMI INFORMATIVI PER IL MONITORAGGIO DELLA SICUREZZA DEGLI EDIFICI ESISTENTI 1398
Valentino Sangiorgio

UNO STRUMENTO DI VALUTAZIONE INTEGRATA DELLE PROBLEMATICHE ENERGETICHE E SISMICHE PER L'EDILIZIA SCOLASTICA ESISTENTE 1413
Maria Grazia Giardinelli

VERSO LA DEFINIZIONE DI UNA CARTA DELLA CONSERVAZIONE DEI PORTI E WATERFRONT STORICI 1426
Antonello Martino

PHD SESSION - Building And Design Techniques 1441

Principi e pratiche di sostenibilità nel retrofitting degli edifici esistenti in chiave di prevenzione sismica

UN MODELLO DI RAPPRESENTAZIONE BASATO SULLA CONOSCENZA PER L'INTERVENTO ED IL RIUSO DEL PATRIMONIO COSTRUITO 1442
Stefano Cursi

Problema abitativo durante scenari di disastro

ABITARE L'INVISIBILE. NUOVI APPROCCI SOSTENIBILI AL PROGETTO DEI TERRITORI A RISCHIO 1453
Francesco Marras

Strumenti per la progettazione e gestione degli edifici

GESTIONE DI INFORMAZIONI DIAGNOSTICHE NELL'HISTORIC BUILDING INFORMATION MODELLING PER IL PATRIMONIO COSTRUITO 1465
Silvana Bruno

MODELLAZIONE INFORMATIVA E SIMULAZIONE COMPORTAMENTALE PER IL PROGETTO SUL PATRIMONIO STORICO-ARCHITETTONICO 1475
Davide Simeone

RECUPERO DEL PATRIMONIO ESISTENTE: PROGETTO DI CONSOLLIDAMENTO E RESTAURO DELLA PIAZZA DI SAN FRANCESCO IN ASSISI 1486
Valentina Minicozzi

Premessa

La recente sequenza di eventi sismici si presenta inusitata sotto molteplici punti di vista. L'estensione particolarmente ampia delle zone interessate, il numero significativo di vite umane perse, gli importantissimi danni al patrimonio monumentale ed edilizio minore caratterizzante tali luoghi, forse anche per via della limitatezza, negli esiti ottenuti, dall'applicazione delle norme tecniche, hanno favorito una presa di coscienza diffusa della difficoltà di contemperare le diverse istanze che interessano a vario livello i centri minori ed il patrimonio edilizio che li costituisce: il mantenimento della peculiare identità culturale dei centri stessi; la fruizione secondo i moderni profili prestazionali, ed infine la sicurezza delle persone. Gli importanti spostamenti, forse non solo temporanei, di popolazioni di interi centri urbani di rilievo storico oltre che dimensionale, segnano il possibile prossimo abbandono di intere aree del nostro paese e spingono ad interrogarsi sulle azioni da compiere a livello di sistema sotto il profilo politico, culturale, economico e tecnico per evitare di perdere non solo le peculiari identità culturali di tali luoghi, e dei quali la cultura costruttiva è parte, ma anche la capacità di "presidio dei territori interni", in una chiave economica ed ecologica, che le comunità di tali luoghi possono garantire.

Mantenere questi centri ed il paesaggio che ne deriva significa anche garantire la permanenza del presupposto per un modello di sviluppo fondato sulla qualità dei luoghi, su un mix tra "radici" e attitudine contemporanea ad interpretare il cambiamento, tra la dimensione digitale e immateriale che può dare nuovo senso a luoghi antichi. L'Italia ed i suoi centri minori, ancor più delle emergenze storiche e artistiche, costituiscono un patrimonio importante, anche a livello turistico e conseguentemente economico per il nostro paese, da salvaguardare pur se ne sono risultate evidenti le fragilità.

È possibile tuttavia garantire adeguata sicurezza a questi centri o va attuato un programma di demolizione e ricostruzione, fedele o meno, come suggerito provocatoriamente da taluni?

È possibile viceversa sviluppare e perfezionare un apparato di conoscenza evoluto e attento al "caso per caso" rispetto alle modalità sommarie e indiscriminate, frutto di modelli inapplicabili alle diverse realtà e che hanno mostrato limiti e difetti inaccettabili?

È così strettamente necessario percorrere le strade di "ipertecnicizzazione" di sistemi insediativi *naturali* e *locali*, le quali si sono sinora rivelate spesso poco efficaci anche da un punto di vista strettamente tecnico, o è possibile piuttosto perfezionare invece i fattori di sicurezza "intrinseci" di una costruzione muraria appropriata, pur nella consapevolezza che la sicurezza assoluta è un traguardo irrealistico, o talmente costoso da essere impraticabile?

Come far comunicare tra loro sostenitori inconsapevoli della conservazione pura e semplice (che sembrano non rendersi conto che il patrimonio è *palinsesto*, frutto

di innumerevoli aggiornamenti e modificazioni tecnologiche) e tecnologi inconsapevoli degli effetti sistemici di ogni novità di laboratorio, incapaci gli uni e gli altri di una riflessione scientifica sulle conseguenze disastrose di entrambi gli atteggiamenti?

Come riconciliare, in termini più generali, le "tecniche" portate dalle scienze dure con i "valori" portati dalle scienze umane, sociali, storiche?

Trovare un modo innovativo di fare sistema tra i molteplici punti di vista (tutti indispensabili, nessuno esaustivo) è il duro ma inevitabile compito che ci si prepara per il futuro.

Il convegno intende porsi come luogo di riflessione ove far coesistere gli aspetti teorici e pratici affrontati dalle discipline che concorrono a tali tematiche, sia sotto il profilo teorico che pratico, considerando le implicazioni speculative, ingegneristiche ed economiche, al fine di restituire un approccio coerente al tema attraverso una corretta tutela, fruizione e valorizzazione del patrimonio costruito.

ColloquiATe 2017 si pone in continuità con le precedenti edizioni 2014 (Vico Equense), 2015 (Bologna), 2016 (Matera) anche nell'intento di delineare l'orizzonte tematico della ricerca associata al settore ICAR 10 in relazione sia agli ambiti di pertinenza della disciplina, sia alle istanze oggi poste dalla società, in termini di bisogni, di valorizzazione delle risorse, di dinamiche di sviluppo associate all'innovazione tecnica.

Il comitato organizzatore

Introduzione

Il presente volume raccoglie i contributi presentati al convegno ColloquiATe 2017 e si struttura in due parti. Nella prima parte sono raccolti i lavori presentati alle sessioni principali (*Main Sessions*). Nella seconda parte sono riportati quelli presentati da giovani che sono in procinto di concludere o hanno da poco terminato la propria esperienza di dottorato (*Phd Sessions*).

In linea con le edizioni precedenti, il numero di contributi ricevuti è in crescita: oltre 120 lavori sono stati accettati per la pubblicazione. Questi vedono la partecipazione di oltre 300 autori. I contributi vengono presentati, in sintonia con il percorso delineato nelle precedenti edizioni, secondo tre ambiti tematici: **Construction History and Preservation**, **Construction and Building Performance**, **Building And Design Techniques**.

La prima sezione intitolata **Construction History and Preservation**, con i suoi 42 contributi (il 34% del totale), di cui 11 nella sessione dedicata ai giovani ricercatori, raccoglie lavori afferenti a quattro principali tematiche volte ad indagare il rapporto tra la storia della costruzione e le tecniche di prevenzione sismica sul patrimonio esistente. Tra i giovani ricercatori, questa tematica è la più studiata, con circa il 50% dei contributi distribuiti nelle quattro di riferimento di seguito riportate.

L'ambito della "*Storia della costruzione*" tratta le specifiche esperienze che hanno connotato l'evoluzione storica dei modi di costruire nelle diverse culture materiali e nei differenti contesti territoriali, mettendo in luce gli elementi di originalità e le tecniche di prevenzione sismica adottate nel passato.

Nell'ambito della "*Vulnerabilità urbana*", sono illustrati strumenti, metodi e tecniche di valutazione speditiva per la stima del rischio sismico alla scala dell'aggregato edilizio ed urbano, coniugando al contempo studi circa gli interventi per il miglioramento sismico del patrimonio esistente.

Il rapporto tra costruzione storica ed i temi della sicurezza strutturale e della fruizione (includendo anche aspetti di uso in condizioni normali delle strutture, quali risparmio energetico, comfort, ecc..) è affrontato nell'ambito delle "*Tecniche costruttive e prestazioni negli edifici esistenti*": sono qui fornite proposte di soluzioni atte a migliorare le prestazioni in forma singola o combinata, pur considerando le istanze di conservazione e fruizione dei beni storici. Questa tematica, da sola, con i suoi 20 contributi, ha coinvolto circa il 50% dei prodotti afferenti alla sezione.

L'ultima tematica della sezione si incentra su "*Conservazione dei centri storici e sicurezza delle persone*", rimarcando come la conservazione dei centri storici, rappresentativi delle diverse peculiarità culturali e geografiche, deve tenere conto della necessità di una loro adattabilità a nuove funzioni e esigenze ambientali e di comfort, anche considerando le condizioni di rischio (vulnerabilità, pericolosità) al contorno. È interessante sottolineare come questi studi evidenzino, in maniera innovativa, sia sul panorama nazionale che internazionale, riferimenti al costruito, al

tessuto urbano, alla gestione delle emergenze e alla interazione di tali aspetti sistemici con la sicurezza degli abitanti e dei visitatori.

La sezione **Construction and Building Performance** raccoglie il 38% dei contributi presentati, principalmente esposti nella sessione principale. Essa si concentra sulla definizione di soluzioni e sistemi innovativi per la progettazione delle nuove costruzioni e del recupero dell'esistente.

All'ambito che indaga le "*Soluzioni innovative per costruzioni efficienti (sostenibili)*", ove vengono presentati contributi che tentano di coniugare differenti prestazioni di vivibilità e fruizione dell'abitare esistente e di nuova costruzione, si affianca il tema delle "*Soluzioni innovative per la riabilitazione degli edifici*", in cui sono illustrati nuovi materiali e prodotti in risposta a specifiche patologie e per il rinforzo degli edifici, interrogandosi sulle loro caratteristiche di adeguatezza ed efficacia. Il primo tema raccoglie, con i suoi 20 prodotti, circa il 43% dei contributi dell'intera sezione.

Infine, i contributi inerenti "*Metodi e tecniche per il controllo e il monitoraggio delle prestazioni e delle patologie degli edifici*" tentano di rispondere alle questioni legate a tecniche e procedure per monitorare e valutare il comportamento degli edifici esistenti, includendo oltre alle prestazioni strutturali, anche la qualità degli ambienti interni, le alterazioni termo-igrometriche e biotiche, la durabilità.

La terza ed ultima sezione **Building And Design Techniques** ha visto un totale di 33 contributi, ovvero il 28% del totale in questo volume. Essa si apre con i contributi inerenti a "*Principi e pratiche di sostenibilità nel retrofitting degli edifici esistenti in chiave di prevenzione sismica*", tematica che da sola ha raccolto la maggior parte dei contributi della sezione (14). I lavori cercano di dimostrare come sia possibile non limitare, come spesso accade, il rinnovamento degli edifici esistenti ai soli standard di efficienza energetica, comfort ambientale, igiene e salubrità, ma anche alla riduzione del rischio sismico, incentrando il progetto su un concetto di uso sostenibile che consideri l'intero organismo edilizio in maniera integrata. Alcuni contributi sfruttano casi di studio per mostrare validi esempi di ristrutturazione di edifici esistenti per nuovi usi, includendo anche addizioni di nuovi elementi architettonici.

La tematica del "*Problema abitativo durante scenari di disastro*" tratta l'evoluzione, le tipologie, le tecniche di progettazione, le prestazioni e la pianificazione urbana di soluzioni abitative durante situazioni di emergenza che abbiano bassi impatti ambientali ed economici, includendo la loro flessibilità (es.: moduli abitativi prefabbricati e removibili), il loro comfort e la loro sicurezza.

Infine, la sezione comprende contributi relativi alla definizione degli "*Strumenti per la progettazione e gestione degli edifici*". I nuovi processi che coinvolgono generazione e gestione di rappresentazioni digitali di caratteristiche fisiche e funzionali di edifici nuovi ed esistenti (ad esempio BIM e GIS-Based BIM) rappresentano

infatti una risorsa di conoscenza condivisa per avere a disposizione tutte le informazioni necessarie su un edificio, sia per prendere decisioni consapevoli durante il suo ciclo di vita, che per una progettazione integrata dello stesso, considerando aspetti strutturali e di sostenibilità. In questo quadro sono anche comprese le strategie tecnico-economiche e gli strumenti, di tipo finanziario-assicurativo e politico-amministrativo, che possono essere messi in atto per una gestione economica sostenibile del progetto.

Gabriele Bernardini, Elisa Di Giuseppe

Comitati

Comitato scientifico

D'ORAZIO Marco | *ArTec President*
GULLI Riccardo | *ArTec vice President*
GUIDA Antonella |*ArTec Board member*
LOSASSO Mario | *SiTdA President*
CIRIBINI Angelo |*IsTeA President*
CHIAPPONI Medardo | *SID President*
DASSORI Enrico | *ArTec Board member*
LIONE Raffaella | *ArTec Board member*
POLVERINO Franco | *ArTec Board member*

Advisory board

BARDELLI Pier Giovanni | *Past President ArTec*
BERTAGNIN Mauro | *Università degli Studi di Udine*
CACCIAGUERRA Giorgio | *Università degli Studi di Trento*
CALDERA Carlo | *Politecnico di Torino*
CARRARA Gian Franco | *Past President ArTec*
CASCONE Santi Maria | *Università degli Studi di Catania*
CECERE Carlo | *Università degli Studi La Sapienza*
DE ANGELIS Enrico | *Politecnico di Milano*
DE TOMMASI Giambattista | *Past President ArTec*
DE VECCHI Antonio | *Università degli Studi di Palermo*
FASCIA Flavia | *Università degli Studi di Napoli*
FATTA Giovanni | *Università Degli Studi di Palermo*
FIANCHINO Corrado | *Università Degli Studi di Catania*
FRATTARI Antonio | *Università degli Studi di Trento*
FUMO Marina | *Università degli studi di Napoli*
GRECCHI Manuela | *Politecnico di Milano*
IORI Tullia | *Università degli studi di Roma Tor Vergata*
LUCCHINI Angelo | *Politecnico di Milano*
MORANDOTTI Marco | *Università degli studi di Pavia*
MORGANTI Renato | *Università degli Studi de L'Aquila*
MORNATI Stefania | *Università degli Studi di Roma Tor Vergata*

MUNAFO' Placido | *Università Politecnica delle Marche*
PIZZI Emilio | *Politecnico di Milano*
QUAGLIARINI Enrico | *Università Politecnica delle Marche*
SALEMI Angelo | *Università degli studi di Catania*
SANNA Antonello | *Università degli studi di Cagliari*
SICIGNANO Enrico | *Università degli studi di Salerno*
TAGLIAVENTI Gabriele | *Università degli Studi di Ferrara*
VALCOVICH Edino | *Università degli Studi di Trieste*

Comitato organizzatore

D'ORAZIO Marco
MUNAFÒ Placido
QUAGLIARINI Enrico
STAZI Francesca
DI GIUSEPPE Elisa
BERNARDINI Gabriele
GIANANGELI Andrea

Prevenzione sismica e miglioramento energetico nel recupero di aggregati edilizi: risultati da un caso di studio del cratere sismico aquilano.

Seismic prevention and energetic improvement in the recovery of building aggregate: results from a case study of the earthquake crater in L'Aquila

Gianni Di Giovanni*

* Università Degli Studi dell'Aquila.
Dipartimento di Ingegneria Civile, Edile-Architettura e Ambientale.
Piazzale E. Pontieri, Monteluco di Roio 67100, L'Aquila.
gianni.digiovanni@univaq.it

Abstract Negli ultimi anni gli interventi di recupero edilizio hanno riguardato prevalentemente tematiche inerenti l'efficienza energetica e il comfort ambientale, in quanto motivati sostanzialmente da piani esigenziali e da direttive indirizzate verso l'incentivazione di azioni volte al risparmio energetico e al rinnovo degli elementi componenti degli edifici. Le sequenze di eventi sismici verificatesi negli ultimi anni nel centro Italia, nonché i requisiti richiesti dalle NTC del 2008 alle costruzioni esistenti in termini di capacità sismica, hanno ricondotto all'interno del progetto di recupero, la componente sicurezza sismica tra i principali requisiti da soddisfare. Il presente contributo, per mezzo di un caso di studio inerente gli interventi di recupero e miglioramento sismico di un aggregato edilizio gravemente danneggiato dal sisma del 2009, ubicato nel centro storico del borgo di Sant'Eusanio Forconese, in provincia dell'Aquila, vuole trattare di tecniche di progettazione per la riabilitazione, la rifunzionalizzazione , l'efficientamento energetico e il miglioramento sismico in edifici storici ricompresi all'interno di centri minori, anche mediante l'inserimento di nuovi elementi architettonici in grado di riconfigurare il sistema spaziale e distributivo, sempre nel rispetto dei caratteri peculiari e dei valori esistenti.

Abstract : In the last years the interventions of building recovery have primarily concerned thematic relating to the energetic efficiency and the environmental comfort, because substantially motivated by the directives addressed towards the promotion of actions aimed at saving energy and renovating the building elements.

The earthquake sequences occurred in recent years in central Italy, as well as the requirements of the 2008 technical legislation , related to the existing buildings in terms of seismic resistance, have brought into the recovery project, the seismic-safety component among the most important requirements to be satisfied. The current paper, through a case study concerning the restoration and seismic improvement of a building aggregate located in the historic centre of the Sant'Eusanio Forconese village, near the city of L'Aquila , severely damaged by the 2009 earthquake, wants to deal with the design techniques regarding rehabilitation, reutilization, energy efficiency and seismic improvement in historic buildings included within small towns, through the introduction of new architectural elements, too, able to reconfigure the space and distribution system , always respecting the existing values and peculiar characters.

Keywords: protezione sismica; efficienza energetica; nuovi elementi architettonici.

1. Introduzione

Il recupero edilizio del costruito esistente, in linea con quanto sancito dalle normative attuali in termini di incremento dei livelli prestazionali, in questi ultimi anni si è incentrato prevalentemente attorno a due ambiti disciplinari: l'efficientamento energetico e il miglioramento sismico.

Il primo, sostenuto dalle Direttive sulle Prestazioni Energetiche degli Edifici e dal Fondo per lo Sviluppo Regionale Europeo e regolamentato da Decreti Legislativi nazionali, l'altro disciplinato dalle Norme Tecniche sulle Costruzioni [1] e dagli Eurocodici.

In particolare, la riqualificazione energetica del costruito esistente in Italia è attualmente obbligatoria ogni qual volta si affronta una ristrutturazione dell'edificio che interessa anche l'involucro, così come la procedura della "valutazione della sicurezza" e la relativa "verifica della capacità sismica" del sistema resistente dell'edifico, criteri propedeutici al progetto di miglioramento e/o adeguamento sismico. Tele circostanza, in sede di scelte attuative, indirizza verso protocolli operativi al fine di valutare le azioni progettuali finalizzate all'incremento dei livelli prestazionali dell'edificio in termini di trasmittanze termiche dell'involucro edilizio e di efficienza impiantistica, rispetto a quelle necessarie per garantire la sicurezza sismica dell'edificio, senza tralasciare le verifiche di compatibilità degli interventi proposti nei confronti del sistema degli spazi fruibili e delle peculiarità del contesto ove si opera.

A partire da tali assunti il paper descrive i risultati emersi da una serie di analisi svolte nell'ambito di interventi finalizzati alla riabilitazione, alla rifunzionalizzazione, all'efficientamento energetico ed al miglioramento sismico di edifici storici ubicati all'interno di centri minori ricompresi nel cratere sismico aquilano. Il caso studio di seguito presentato ne costituisce un esempio rappresentativo.

2. Descrizione del caso di studio

L'aggregato edilizio oggetto del caso studio è ubicato all'interno del borgo antico di Sant'Eusanio Forconese (AQ) (fig.1). L'insieme costruito è caratterizzato in parte dalla presenza dell'originario Palazzo D'Ascenzo [2], seicentesco edificio con cortile e loggiato, e in parte da case di tipo a schiera. L'impianto morfologico vede quindi il palazzo integrato senza soluzione di continuità con il tessuto urbano circostante costituito da edifici di architettura minore. L'articolazione degli spazi interni dell'aggregato, nonché quella dei volumi esterni, testimoniano che l'attuale conformazione deriva da differenti refusioni dei corpi di fabbrica avvenute nel corso degli anni. Pertanto l'originario palazzo oggi si configura non più come un unico impianto, ma come un insieme di case palazziate aggregate al sistema limitrofo di case a schiera.

Fig. 1 Il centro storico di Sant'Eusanio Forconese con evidenziato in rosso l'aggregato edilizio oggetto del caso di studio.

2.1 Analisi conoscitive e interpretazione del danno sismico.

Dal punto di vista costruttivo il fabbricato è caratterizzato da un impianto murario con maglia a passo regolare. La muratura originaria è del tipo a conci di pietra calcarea di piccole e medie dimensioni tessuti a ricorsi irregolari; la presenza di mattoni di laterizio inseriti nei ricorsi nella modalità "a tratti" o "continui" testimonia interventi di refusione effettuati a seguito di riparazioni e/o di ampliamenti che si sono avvicendati nel tempo. I setti murari sono costituiti da due paramenti separati da un nucleo interno composto da elementi di pezzatura più piccola e malta a base di calce. Tale nucleo non presenta una qualità elevata e nel contempo non risulta idoneo a svolgere il ruolo di strato di connessione dei paramenti esterni e quindi garantire un comportamento monolitico delle murature in caso di sisma. Gli orizzontamenti del primo livello sono costituiti sia da strutture voltate a padiglione che a botte costruite a concrezione con conci lapidei o con mattoni laterizi disposti a coltello; a mattoni disposti in foglio per i livelli successivi. Sono presenti solai piani prevalentemente in profilati d'acciaio e tavelloni, altri in legno.

Fig. 2 L'aggregato edilizio : il quadro fessurativo e i crolli dopo il terremoto del 6 aprile del 2009

In occasione del terremoto del 6 aprile 2009 l'aggregato edilizio ha subito danni consistenti. Numerosi sono i crolli: diverse porzioni della fabbrica risultano da

svuotare dalle macerie e da ricostruire quasi completamente (fig.2); nelle parti non crollate, il danneggiamento si manifesta con disallineamenti della tessitura muraria e lesioni diffuse nel piano, amplificati in presenza del distacco delle pareti di controvento dalle facciate(fig.3). La presenza diffusa di stati lesionativi è spesso associata ad indebolimenti delle sezioni murarie per la presenza di nicchie e canne fumarie e per i pesanti rimaneggiamenti che queste murature hanno subito. La scarsa qualità muraria ha determinato anche fenomeni di allentamento delle tessiture.

Fig. 3 L'aggregato edilizio dopo il terremoto del 6 aprile del 2009.

Gli orizzontamenti risultano in parte sconnessi dalle murature perimetrali, comprese anche ampie porzioni della copertura. Nei piani terra, caratterizzati generalmente da volte a materia, si rileva un leggero stato di danneggiamento; nei piani superiori invece le volte in mattoni laterizi disposti in foglio presentano lesioni all'intradosso o crolli parziali. Le cornici dei portali e delle finestre delle facciate non crollate, invece, non hanno subito gravi danni.

2.2 Prestazioni offerte dal sistema tecnologico ante-sisma

Al fine di completare la fase conoscitiva anche dal punto di vista numerico, si sono indagate le prestazioni offerte dal sistema tecnologico dell'organismo edilizio in termini di capacità sismica e di energia primaria richiesta per la climatizzazione invernale.

Le caratteristiche e la geometria delle pareti e le loro mutue connessioni, utili sia per la modellazione strutturale che per la modellazione energetica dell'aggregato edilizio, sono state desunte dall'analisi dell'apparecchiatura costruttiva, mentre i parametri meccanici delle murature dalle indagini diagnostiche (prove soniche, sclerometria, martinetti piatti, ecc...) , le proprietà termiche e igrometriche delle parti opache e trasparenti, dall'analisi degli strati funzionali che compongono gli involucri [3].

La risposta sismica, dedotta dall'elaborazione di un modello meccanico, schematizzato a telaio equivalente, ovvero considerando le pareti come costituite da maschi murari verticali, pannelli di fascia orizzontali e nodi murari di intersezione tra questi (considerati rigidi e infinitamente resistenti), ha messo in evidenza che l'aggregato edilizio non risultava verificato allo stato limite di salvaguardia della vita (SLV) in quanto il livello di capacità sismica della struttura portante è risultato pari al 32% dell'adeguamento sismico.

Il fabbisogno di energia primaria, calcolato dopo aver modellato l'aggregato edilizio attraverso la schematizzazione degli strati funzionali che costituiscono l'involucro della costruzione e riservando particolare cura nella definizione dei ponti termici, è risultato molto elevato: i consumi medi delle singole unità immobiliari, vuoi per l'inadeguatezza del sistema impiantistico che per gli elevati valori delle trasmittanze termiche di murature (1,577W/m2K) e serramenti (3,40W/m2K), si è attestato attorno ai 283,35 KWh/anno.

3. Metodologia operativa e strategie di intervento

L'intervento di miglioramento sismico dell'ossatura portante da armonizzare con l'efficientamento energetico dell'involucro, è caratterizzato da procedure operative e metodiche progettuali strettamente connesse al sistema tecnologico dell'edificio da recuperare. In particolare negli edifici costruiti in muratura portante continua, dove il setto murario svolge il ruolo sia di involucro di chiusura verticale che di elemento resistente, si riscontra una difficile autonomia procedurale nella valutazione delle scelte tecnologiche. Si evidenziano delle incongruenze di sistema legate alla polivalenza della chiusura muraria: infatti se per migliorare la capacità sismica si deve operare attraverso l'incremento delle connessioni tra le parti in modo da garantire il comportamento scatolare d'insieme; per incrementare invece le prestazioni energetiche in termini di riduzione delle dispersioni, si deve isolare e disunire sempre più l'involucro dall'insieme stesso. Il tutto si complica ulteriormente quando i paramenti murari sono decorati con apparati di valore storico, architettonico e ambientale.

Intervenire quindi su questi aggregati edilizi, caratterizzati da sistemi costruttivi tradizionali di tipo murario, impone uno studio circostanziato e finalizzato alla conoscenza: dell'apparecchiatura costruttiva, delle caratteristiche termo-igrometriche dei materiali e delle condizioni climatiche del luogo. E' quindi necessario definire delle metodiche operative articolate attorno alle quali individuare i livelli di intervento da gestire in sede di scelte progettuali.

Lo stato di consistenza del bene da recuperare può essere un punto di partenza per articolare strumenti operativi capaci di classificare e di ordinare i livelli di intervento che, se connesso anche al danno tellurico, permette di graduare le modali-

tà di intervento che vanno dal recupero degli elementi superstiti all'inserimento di nuovi elementi, considerando contemporaneamente gli aspetti energetici e di prevenzione sismica. Il percorso progettuale può essere quindi scalato in funzione della consistenza dell'involucro edilizio che risulta, in questo contesto, l'elemento di fabbrica maggiormente interessato dall'intervento e che si può presentare:

- "integro" nelle sue chiusure verticali e di copertura;
- "con lacune" ovvero con crolli localizzati;
- "gravemente danneggiato" ovvero con crolli estesi.

E' evidente che tale classificazione contempla livelli diversi di alterazione i quali condizionano notevolmente il grado di trasformabilità degli elementi tecnologici e indirizzano l'intervento di recupero verso soluzioni tecniche conformi differenti [4].

Da quanto sopra risulta evidente come gli interventi tipo, graduati in relazione alla trasformabilità (direttamente connessa allo stato di conservazione dell'involucro), strutturano le differenti tonalità di inserimento degli elementi tecnologi (fig.4).

Si delineano quindi casi in cui l'intervento è riferito: alla riparazione dell'involucro e al miglioramento delle sue prestazioni energetiche e di capacità sismica, quando si presenta "integro"; alla ricomposizione dell'involucro mediante la ricostruzione delle parti mancanti e al miglioramento delle prestazioni delle parti recuperate, nel caso in cui si presenti "con lacune" ; fino ad arrivare alla possibilità di riconfigurare, dal punto di vista tecnologico-prestazionale, l'intero involucro edilizio da ricostruire anche mediante l'impiego di tecnologie con procedimenti costruttivi a secco, nel caso si presenti "gravemente danneggiato".

Definite le modalità di intervento, è opportuno effettuare una verifica di compatibilità: in questa fase le verifiche da effettuare devono mettere a confronto la compatibilità tecnico-costruttiva dell'intervento con le peculiarità proprie dell'esistente e con i livelli prestazionali da raggiungere per adeguare il sistema tecnologico del costruito storico al piano esigenziale e normativo.

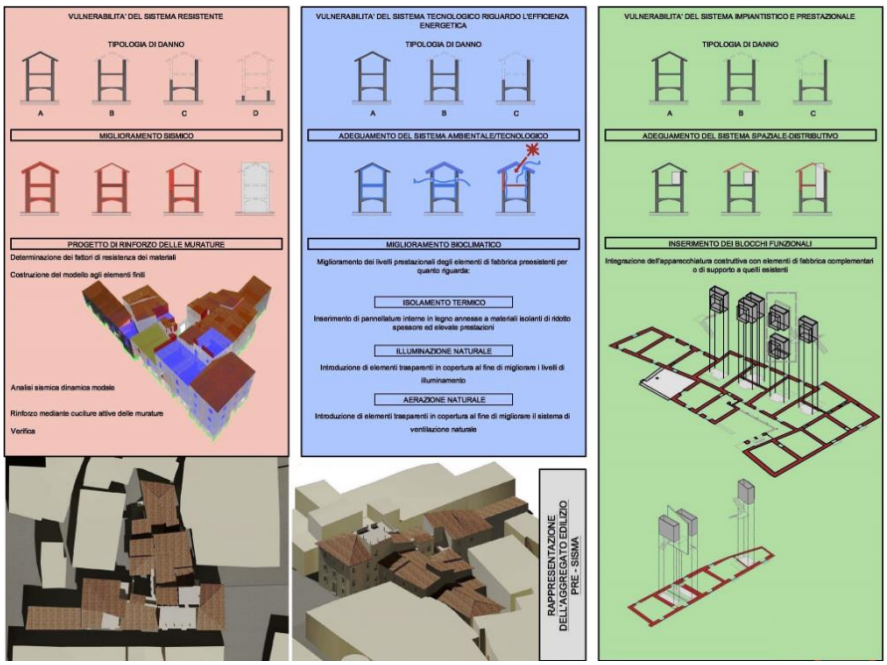

Fig.4 Metodiche di intervento per il miglioramento sismico e per il miglioramento energetico in relazione del livello di danno dell'involucro edilizio applicate al caso di studio.

4. Descrizione degli interventi per la prevenzione sismica e per il miglioramento energetico

Gli interventi sono stati graduati in funzione dei livelli di danno riscontrati nelle varie porzioni dell'aggregato edilizio mediante l'integrazione di parti e strati funzionali in modo da incrementare i livelli prestazionali fino al raggiungimento dei requisiti richiesti. In particolare, per quanto riguarda il miglioramento sismico, una volta individuate le vulnerabilità del sistema resistente, si sono definiti gli interventi di rinforzo. Per i pannelli murari si prevede l'impiego di iniezioni consolidanti e di intonaci armati con reti in frp in quelle parti dove la fabbrica ha mostrato le sue maggiori debolezze (fig.5). Inoltre l'inserimento di cordoli intermedi in acciaio e cordoli sommitali in muratura armata è finalizzato a garantire un idoneo comportamento scatolare all'insieme resistente. Per le parti murarie crollate, da ricostruire nel rispetto della sagoma originaria, si prevede il reimpiego dei conci lapidei selezionati dalle macerie presenti a piè d'opera. Per le volte a concrezione si prevede il rinforzo all'estradosso mediante cappe in malta fibrorinforzata

armata con tessuti in rete di basalto; mentre per le volte sottili in mattoni disposti in foglio, l'inserimento di frenelli (fig.7). Per gli orizzontamenti piani ancora in grado di assolvere la loro funzione si prevede il rinforzo all'estradosso; invece per quelli crollati o irrecuperabili la ricostruzione in legno.

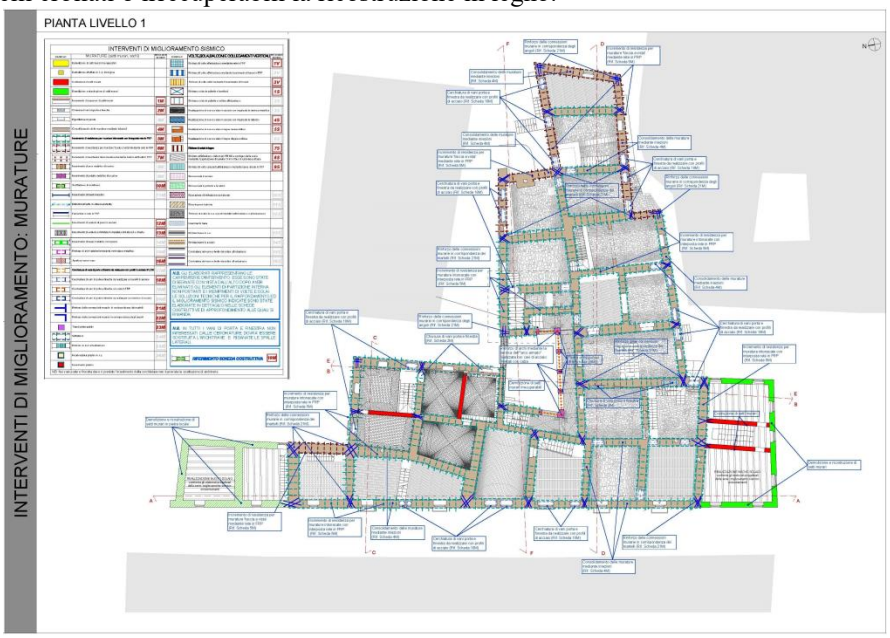

Fig.5 Gli interventi di miglioramento sismico

Il ricorso alle tecnologie a secco, nell'ottica di non interferire con le membrature murarie rinforzate, ha visto l'impiego del legno non soltanto per il reintegro degli elementi resistenti, ma anche per la realizzazione di partizioni interne e blocchi funzionali inseriti all'interno delle preesistenti cellule abitative con il compito di individuare spazi di servizio per il rinnovo dell'impianto distributivo e funzionale con capacità di integrazione delle componenti impiantistiche necessarie per aggiornare il sistema tecnologico alle attuali normative e al fine di migliorare energeticamente l'aggregato (fig. 8).

L'isolamento termico delle murature, vista l'impossibilità di operare all'esterno per la presenza degli elementi lapidei decorativi, è previsto all'interno. Questa circostanza ha implicato la definizione di strati di finitura, da prevedere a protezione degli strati di isolamento. Considerato che sia per la realizzazione dei blocchi funzionali che per le partizioni interne si sono previsti sistemi di pannellatura in legno, si è ritenuto idoneo procedere allo stesso modo anche per gli strati di completamento delle pareti isolate, così da uniformare, non soltanto l'impianto costruttivo, ma anche il sistema figurativo (fig.6).

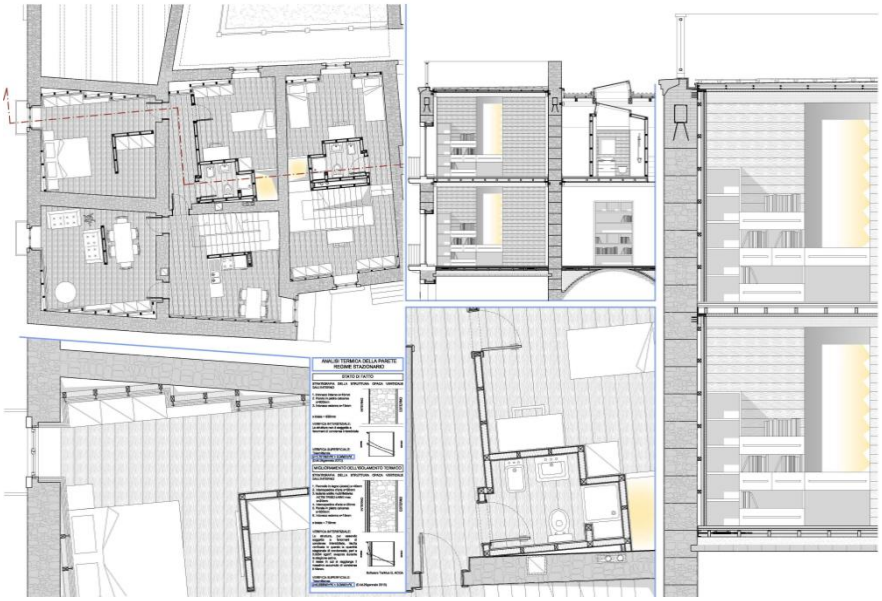

Fig.6 Gli interventi per il miglioramento energetico

L'inserimento quindi di contropareti in legno previste a completamento degli strati isolanti, consente di non interferire con le parti resistenti dell'ossatura muraria, nel rispetto degli elementi resistenti della costruzione antica e nell'ambito di un linguaggio architettonico comune (fig 9). Tale tecnica costruttiva risulta idonea anche per il miglioramento delle prestazioni energetiche delle chiusure orizzontali intermedie in quanto consente di ridurre i ponti termici presenti nella correlazione tra pareti e solai. Infine, il controllo della ventilazione naturale e il miglioramento dei livelli di illuminamento, viene garantito dall'inserimento di elementi trasparenti in copertura, previsti in corrispondenza dei blocchi funzionali.

4.1 Prestazioni attese dal sistema tecnologico Post-Sisma

Ad interventi eseguiti si attende un significativo incremento delle prestazioni dell'interro sistema tecnologico. In particolare per quanto riguarda l'ossatura portante, il miglioramento sismico consentirà di raggiungere una capacità del 68% dell'adeguamento.

Invece per gli aspetti energetici, a seguito delle prestazioni attese dall'involucro riprogettato che presenterà trasmittanze termiche al di sotto dei valori richiesti dalle attuali normative e in particolare pari a 0.278W/m2K per le chiusure verticali opache, 0.230 W/m2K per le coperture e 1,380 W/m2K per i serramenti, si ridurranno notevolmente i consumi invernali medi nelle singole unità immobiliari che

risulteranno mediamente pari a 34,21 KWh/anno, grazie anche al rinnovo degli impianti tecnologici e all'alto rendimento delle macchine termiche.

Fig.7 Interventi di consolidamento delle volte e delle murature

5. Conclusioni

I risultati ottenuti sia in termini di protezione sismica che di miglioramento energetico, mettono in rilievo come l'organismo architettonico può essere adeguato sia rispetto l'attuale quadro normativo, sia rispetto le esigenze del vivere contemporaneo. In particolare, i risultati evidenziati consentono di sostenere che l'intervento di recupero e di riabilitazione degli edifici esistenti, eseguito attraverso il controllo di tutte le componenti tecnologiche che compongono l'organismo edilizio e la scelta di soluzioni tecniche in linea con le peculiarità della fabbrica antica, permette di migliorare notevolmente le prestazioni del sistema tecnologico e inoltre di ottimizzare i procedimenti costruttivi e le lavorazioni in cantiere.

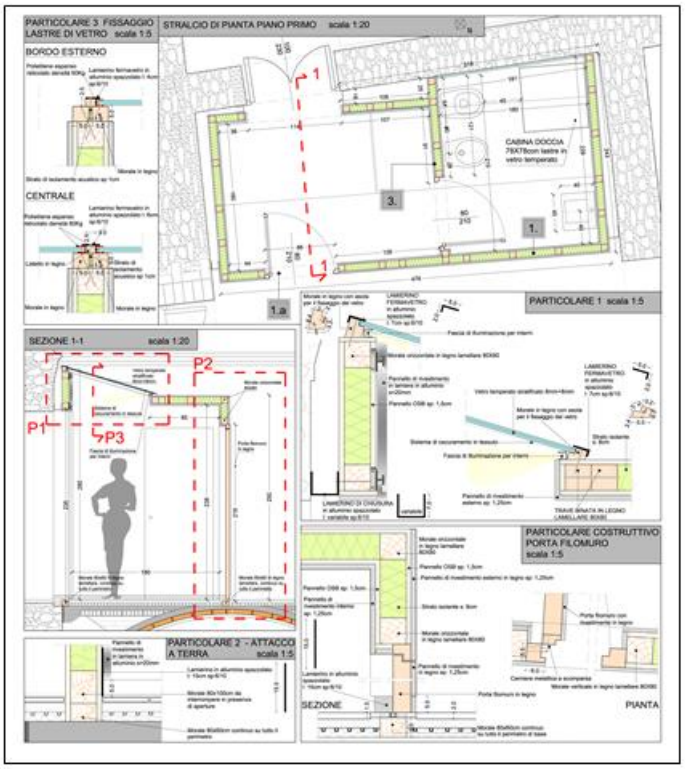

Fig.8 Blocchi funzionali in corso di realizzazione ed elaborati esecutivi

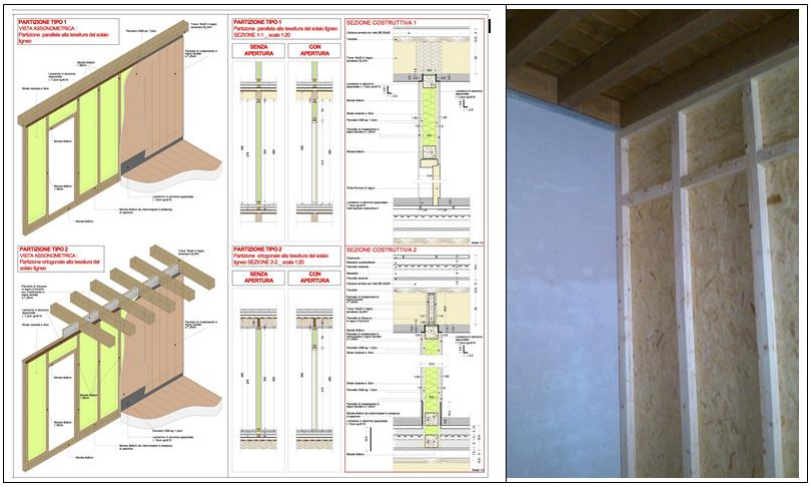

Fig.9 Partizioni interne e contropareti

Bibliografia

1. Carbonara G (2007). AA.VV. Linee Guida per la valutazione e riduzione del rischio sismico del patrimonio culturale. Roma
2. Antonini O. (2006) Villa Sant'Angelo e dintorni. Tussillo, Casentino, Fontavignone, Stiffe, Campana, Sant'Eusanio, Ocre. L'architettura religiosa. One Group, L'Aquila
3. Rotilio M, De Berardinis P, Marchionni C (2013) Principles of sustainability in the Recostruction Plans of the minor centres struk by the earthquake. A case study: Sant'Eusanio Forconese (AQ), Proceedings of the first International Conference on Architectural and Civil Engineering, Singapore, March 18-19-2013, Global Science and Technology Forum (GSTF), Singapore
4. Bellicoso A, Di Giovanni G, Tosone A (2014) Patrimonio e dilizio storico e ricostruzione post-sisma. Una metodologia per il recupero del borgo di Sant'Eusanio Forconese, L'Aquila. In: Proceeding of Internetional Conference Rehabevd 2014 Villegas L, Lombillo I, Liano C, Blanco H, (a cura di): Patologia de la contrucciòn, tecnologia de la rehabilitaciòn y gestiòn del patrimonio. vol.1, p.894-901, Santander: Graficas Iguna, S.A,Santender