

Quodlibet Studio

Città e paesaggio. Album

Progetto SISMI-DTC Lazio

Conoscenze e
innovazioni per la
ricostruzione e il
miglioramento sismico
dei centri storici
del Lazio

a cura di
Lucina Caravaggi

- 10** La Regione Lazio al fianco del Progetto SISMI-DTC Lazio
Paolo Ormeli, Claudio Di Bernardino
- 12** Il DTC Lazio, nel territorio e per il territorio
Maria Sabrina Sarto
- 14** Progetto SISMI-DTC Lazio. Conoscenze e innovazioni per la ricostruzione e il miglioramento sismico dei centri storici del Lazio
Lucina Caravaggi
- 27** English abstract

Indice

Parte prima **Vulnerabilità sismica**

- 34** Introduzione
Heleni Porfyriou
- 38** La *Carta del Rischio* per i centri storici. Conoscenza e gestione del patrimonio storico applicate a due centri laziali
Donatella Fiorani, Annarita Martello, Silvia Cutarelli, Adalgisa Donatelli
- 44** Sistema di conoscenze dirette e indirette per la rappresentazione 3D dell'edificato storico. Il caso studio di Cornillo Nuovo
Daniela Esposito, Marco Canciani, Daniela Concas, Fabrizio De Cesaris, Antonio Mirandola, Mauro Saccone
- 52** Conoscenza dei sistemi costruttivi locali per interventi di conservazione, miglioramento e messa in sicurezza di centri storici e singoli edifici a rischio sismico. Il caso studio di Leonessa
Michele Zampilli, Marianna Larovere, Lea Fanny Pani
- 60** La resilienza territoriale. Condizioni di partenza e progetti di innovazione per le aree interne del Lazio
Cristina Imbroglini
- 68** Profili di vulnerabilità territoriale
Ettore Guerriero
- 78** La resilienza comunitaria. Cornice concettuale e strumenti di misura
Marino Bonaiuto, Silvia Ariccio
- 86** L'architettura per ricominciare
Orazio Carpenzano, Fabio Balducci

- 94** PlaceMaker: Ricostruzione dell'identità urbana nei luoghi colpiti dal sisma
Marichela Sepe
- 98** Letteratura scientifica internazionale sui temi del sisma. Nota sintetica
Paola Brunori
- 100** English abstracts

Parte seconda
Pericolosità sismica

- 106** Introduzione
Luigi Callisto
- 110** Definizione delle azioni sismiche di base
Salomon Hailemikael, Guido Martini, Salvatore Paolini
- 114** Modellazione numerica tridimensionale della risposta sismica dell'abitato di Amatrice
Massimiliano Moscatelli, Iolanda Gaudiosi, Roberto Razzano, Giuseppe Lanzo, Luigi Callisto
- 120** Modellazione numerica bidimensionale della risposta sismica nel comune di Accumoli
Patrizia Caprari, Gian Marco Marmoni, Guido Martini, Salvatore Martino, Stefano Rivellino, Gabriele Scarascia Mugnozza
- 126** Scenari di rischio dell'interazione tra spostamenti indotti da fenomeni franosi e rete viaria
Patrizia Caprari, Carlo Esposito, M. Ferrarotti, Gian Marco Marmoni, Guido Martini, Salvatore Martino, Gabriele Scarascia Mugnozza
- 132** English abstracts

Parte terza
Metodologie per il miglioramento sismico

- 136** Introduzione
Gianmarco de Felice
- 140** Metodologia per la definizione degli interventi alla scala territoriale e urbana
Luigi Sorrentino, Silvia Perobelli, Alessandra Marotta
- 148** Metodologia per la definizione degli interventi a livello di aggregato edilizio e del singolo edificio
Daniela Addressi, Maura Imbimbo, Marialaura Malena, Marco Canciani, Valentina Cima, Cristina Gatta, Francesca Gobbin, Ernesto Grande, Assunta Pelliccio, Marco Saccucci, Marialuigia Sangirardi

- 156** Metodologia e criteri di intervento a livello di aggregato edilizio
Gianmarco de Felice, Francesca Gobbin, Marialuigia Sangirardi
- 162** Metodologia e criteri di intervento alla scala di oggetti in musei, luoghi di culto, edifici strategici
Gerardo De Canio, Ivan Rosselli, Vincenzo Fioriti, Sara Forliti, Angelo Tati
- 170** English abstracts

Parte quarta

Metodologie innovative e *smart materials* per il ripristino, il restauro e il recupero

- 176** Introduzione
Maria Laura Santarelli
- 180** Conoscenza e comparazione ante e post-sisma attraverso elaborazioni da telerilevamento e GIS
Lorenza Fiumi, Dario Gallo, Cinzia Crenca
- 186** Valutazione della vulnerabilità sismica attraverso l'integrazione di tecniche tradizionali e sistemi BIM
Elena Gigliarelli, Luciano Cessari, Filippo Calcerano, Letizia Martinelli
- 194** *Smart materials* per l'efficientamento e il ripristino delle superfici storiche
Gabriella Bretti, Roberto Natalini, Barbara de Filippo, Maurizio Ceseri, Maria Laura Santarelli, Mohammad Sharbaf, Andrea Brotzu, Stefano Natali
- 198** Il legno come *smart material* nei manufatti soggetti a trauma sismico
Manuela Romagnoli, Francesco Marini
- 204** *Smart materials* per la conservazione affidabile ed il ripristino delle proprietà di manufatti metallici e lapidei artificiali
Gabriella Di Carlo, Camilla Tennenini, Maria Paola Staccioli, Luca Tortora, Maria Laura Santarelli, Gabriel Maria Ingo
- 208** Materiali compositi innovativi per il miglioramento sismico del patrimonio edilizio
Stefano De Santis, Maura Imbimbo, Sonia Marfia, Gianmarco de Felice, Ernesto Grande, Martina Stavole
- 214** English abstracts

Parte quinta
est di verifica sismica su tecnologie e materiali

- 220** Introduzione
Gerardo De Canio
- 224** Analisi delle caratteristiche delle murature di alcuni centri storici del cratere sismico del Lazio finalizzata ai test di verifica
Domenico Liberatore, Omar AlShawa, Silvia Perobelli, Luigi Sorrentino
- 232** Risultati dei test di verifica sperimentali
Gerardo De Canio, Alessandro Colucci, Vincenzo Fioriti, Sara Forliti, Ivan Roselli, Alessandro Picca, Angelo Tati
- 238** English abstracts

Parte sesta
Monitoraggio strutturale sostenibile

- 242** Introduzione
Jacopo Ciambella, Vincenzo Gattulli, Egidio Lofrano, Achille Paolone
- 246** Monitoraggio dinamico. Il caso del Tempio di Minerva Medica in Roma
Jacopo Ciambella, Achille Paolone, Carlo Baggio, Alessandro Colucci, Gerardo De Canio, Vincenzo Fioriti, Ivan Roselli, Sara Forliti, Angelo Tati, Valerio Sabbatini, Fernando Saitta, Silvia Santini, Claudio Sebastiani
- 254** Monitoraggio strutturale con sensori di deformazione a base grafene
Alessio Tamburrano, Irene Bellagamba, Jacopo Ciambella
- 262** English abstracts

La Regione Lazio al fianco del Progetto SISMI-DTC Lazio

Per una accelerazione e ulteriore semplificazione della ricostruzione e il miglioramento sismico dei centri storici del Lazio

Paolo Orneli
Assessore allo Sviluppo Economico,
Commercio e Artigianato, Ricerca, Start-Up
e Innovazione

Claudio Di Bernardino
Assessorato Lavoro e nuovi diritti,
Formazione, Scuola e diritto allo studio
universitario, Politiche per la ricostruzione

La Regione Lazio ha compiuto in questi anni uno strenuo, tenace sforzo per mettere in campo una programmazione assai innovativa di uno dei suoi Distretti più decisivi: il Distretto Tecnologico dei Beni Culturali del Lazio. In questo quadro, in uno spettro di interventi assai articolato, quello relativo al Centro di Eccellenza ha inteso avere una funzione davvero strategica: è ciò che abbiamo voluto definire il *Nuovo Politecnico della Cultura della Regione Lazio*, una grande azione europea di sistema nel settore della formazione, della ricerca e della fruizione delle tecnologie a favore di un patrimonio culturale, quello laziale, dal valore inestimabile.

È pertanto con estremo piacere che introduciamo questo libro dedicato al progetto SISMI (Tecnologie per il miglioramento della Sicurezza e la Ricostruzione dei centri Storici in area sismica), nato nell'ambito delle attività del Centro di Eccellenza del DTC Lazio con lo scopo di promuovere l'uso di tecnologie innovative che si intendono trasferire e disseminare per supportare scelte e attività regionali rivolte alla conservazione, valorizzazione e recupero del patrimonio storico-culturale in aree sismiche.

Questo libro viene alla luce in un momento in cui - dopo un periodo di stop dettato dall'emergenza sanitaria Covid19 - con soddisfazione assistiamo alla ripartenza di tutte le attività legate alla ricostruzione. Non si è mai fermata, al contrario, l'attività dell'Ufficio Speciale della Ricostruzione del Lazio, tanto che i dati testimoniano un costante impegno da parte della Regione in questa direzione.

Per quanto i dati che riguardano la ricostruzione privata sono 1.500 le domande presentate. Attualmente sono 550 i cantieri avviati per i quali sono stati concessi oltre 110 milioni di euro. Di altri 600 cantieri si prevede l'apertura entro fine anno per ulteriori 55 milioni di euro. Sul fronte della ricostruzione pubblica sono in progettazione oltre 120 interventi, per alcuni dei quali si stanno già avviando le procedure di gara per l'affidamento dei lavori.

Tra i lavori già avviati vi sono invece: le opere di urbanizzazione della frazione di Collespada ad Accumoli, il consolidamento del Ponte Tre

Occhi ad Amatrice, la sistemazione della strada di accesso ad Amatrice, la scuola di Collecchio, comune fuori cratere.

Tra i lavori già ultimati sono da segnalare: la sistemazione del cimitero di Antrodoco, il Terminal di Selvarotonda a Cittareale. Inoltre, tra le opere pubbliche più significative già realizzate vi sono le scuole di Amatrice, Accumoli e Leonessa. Altre 18 opere pubbliche partiranno entro l'anno per un importo pari a 51 milioni di euro. Tra queste: l'ospedale di Amatrice, con apertura del cantiere il 19 settembre, il centro di formazione professione ad Amatrice, il cimitero monumentale di Amatrice, lo chalet Pantani a Accumoli.

Confidiamo che anche questo libro – che raccoglie le esperienze fatte sul campo nei territori colpiti dal sisma ed apre la strada a sperimentazioni future nell'ambito della valutazione del rischio sismico e delle metodologie innovative e *smart materials* per il ripristino, il restauro e il recupero - possa rafforzare l'impegno a non lasciare sole le comunità dei territori colpiti dal sisma e possa contribuire all'avvio di ulteriori azioni concrete verso i cittadini e i lavoratori che ancora vivono situazioni di disagio, per costruire insieme un futuro migliore.

**Lazio Region alongside the SISMI-DTC
Lazio Project.
For an acceleration and a further
simplification of the reconstruction
process and the seismic improvement of
the historical centres of Lazio**

In recent years, the Lazio Region has made a strenuous, tenacious effort to implement a highly innovative programme of one of its most decisive districts: the Technological District of Cultural Heritage of Lazio. In this context, in a very articulated range of interventions, the one relating to the Centre of Excellence intended to have a truly strategic function: this is what we wanted to define the New Polytechnic of Culture of the Lazio Region, a great European system action in the sector of education, research and technologies in favour of the invaluable cultural heritage of Lazio. It is therefore with great pleasure that we introduce this book dedicated to the SISMI project (Technologies for the improvement of safety and the reconstruction of historical centres in the seismic area), born as part of the activities of the Centre of Excellence of the DTC Lazio with the aim of promoting the use of innovative technologies to support regional choices and activities for the conservation, the enhancement and the recovery of the historical-cultural heritage in seismic areas. This book comes to light at a time when – after the stop period due to the Covid-19 health emergency – we are witnessing with satisfaction the restart of all the activities related to reconstruction. Actually, the activity of the Lazio Special Reconstruction Office has never stopped, and the data show the constant commitment of the Region in this direction. Concerning private reconstruction,

1500 applications were submitted concerning private reconstruction, 550 construction sites have been started with a grant of more than 110 million euros and other 600 construction sites are expected to be started by the end of the year with another 55 million euros grant. Concerning public reconstruction, more than 120 interventions are being planned, and for some of them the tendering procedures for the award of works are already underway. The works already started include: the urbanization works of the hamlet of Collespada in Accumoli, the consolidation of the Ponte Tre Occhi in Amatrice, the arrangement of the access road in Amatrice, the Collevocchio school, a municipality outside the crater. The works already completed include the arrangement of the Antrodoco cemetery and the Terminal of Selvarotonda in Cittareale. Furthermore, among the most significant public works already carried out there are the schools of Amatrice, Accumoli and Leonessa. Other 18 public works will start within the year for an amount of 51 million euros. Among these: the hospital in Amatrice – construction site opening on September 19 – the professional training centre in Amatrice, the monumental cemetery in Amatrice, the Pantani chalet in Accumoli. We trust that this book – which collects fieldworks in the territories hit by the earthquake and opens to future experiments in the field of seismic risk assessment and

innovative and smart materials methodologies for restoration and recovery – can strengthen the commitment not to leave the communities of the territories struck by the earthquake alone and can contribute to the launch of further concrete actions towards citizens and workers who still live in situations of disadvantage, to build a better future together.

Il DTC Lazio, nel territorio e per il territorio

il Distretto tecnologico per i beni e le attività culturali più grande d'Europa si confronta con l'attualità e le necessità di interventi tecnologici mirati a sostegno della comunità, anche in caso di calamità sismiche

Il Centro di Eccellenza del DTC Lazio è nato oltre due anni fa, nel luglio 2018, con la sottoscrizione dell'atto di impegno tra la Regione Lazio, le cinque università statali del Lazio (Sapienza Università di Roma, Università degli Studi di Tor Vergata, Università degli Studi di Roma Tre, Università degli Studi di Viterbo, Università degli Studi di Cassino e del Lazio Meridionale) e gli enti di ricerca CNR, ENEA, INFN.

L'iniziativa, finalizzata alla realizzazione del più grande distretto tecnologico culturale in Europa, si inquadra nell'ambito del piano di interventi previsti dall'Accordo Integrativo dell'Accordo di Programma Quadro (APQ del 2008 tra Regione Lazio, MIUR, MIBACT, MISE), sostenuti da una dotazione di 41,7 milioni di euro (finanziati per metà dalla Regione Lazio e per metà dal MIUR – ora MUR).

L'obiettivo primario del Centro di Eccellenza è di mettere a sistema risorse territoriali, competenze e *know-how* dei partner fondatori e degli stakeholder al fine attivare azioni strategiche sul piano della formazione, della ricerca, dell'innovazione e del trasferimento tecnologico, per poter contribuire al potenziamento, rilancio e internazionalizzazione del sistema imprenditoriale del Lazio che opera nel settore delle tecnologie applicate ai beni culturali. Oggi il Centro di Eccellenza, con gli oltre 270 laboratori di tecnologia avanzata che ne costituiscono l'Infrastruttura di Ricerca, coinvolge nella sua rete di competenze oltre 700 ricercatori e oltre 100 stakeholder. Si configura come polo di innovazione e centro di servizi per il territorio attraverso l'implementazione e sviluppo di azioni strategiche sul piano dell'alta formazione, della ricerca, dell'innovazione e del trasferimento tecnologico, al fine del potenziamento, rilancio ed internazionalizzazione del sistema imprenditoriale del Lazio, nel settore delle tecnologie applicate ai beni e alle attività culturali. Mettendo a sistema risorse territoriali, competenze, *know-how* e tecnologie dei partner associati, si pone come punto di riferimento e supporto per soggetti pubblici (per es. Soprintendenze statali e Sovrintendenza capitolina) e privati (per es. fondazioni, associazioni o collezionisti) e per le imprese (artigianali e industriali) che operano nel settore dei beni culturali. In questa direzione il Centro di Eccellenza esplica la propria missione con approccio transdisciplinare, integrando competenze e ambiti disciplinari afferenti a tre hub tecnologici specifici e di interesse strategico per il territorio: tecnologie digitali e digitalizzazione;

Maria Sabrina Sarto

Prorettore alle Infrastrutture e Strumenti
per la Ricerca di Eccellenza di Sapienza e
Coordinatrice del Centro di Eccellenza del
DTC Lazio

tecnologie per la diagnostica, la conservazione e il restauro; tecnologie per la progettazione e la gestione delle risorse.

Grazie al finanziamento erogato dalla Regione Lazio per l'attuazione della prima fase del piano di avviamento del Centro di Eccellenza DTC Lazio, è stato svolto il progetto di ricerca SISMI (Tecnologie per il miglioramento della Sicurezza e la ricostruzione dei centri Storici in area sisMIca), a cui questo importante volume è dedicato.

SISMI ha visto la partecipazione dei partner fondatori del Centro di Eccellenza ed ha costituito la palestra nella quale le competenze, il *know-how* e le tecnologie avanzate sviluppate dai ricercatori che operano presso il DTC Lazio sono state integrate, sviluppate e sperimentate con il fine di definire strategie innovative di intervento per il miglioramento della sicurezza e il supporto fattivo alla ricostruzione dei centri storici nelle aree sismiche del territorio regionale.

SISMI si è posto come obiettivo quello di costituire la base tecnico-scientifica mirata a supportare scelte e attività regionali rivolte alla conservazione, valorizzazione e recupero del patrimonio storico-culturale in aree sismiche, fornendo strumenti attraverso i quali poter valutare necessità, opportunità e priorità di intervento; valutare il grado di vulnerabilità e pericolosità sismica; individuare concrete e praticabili possibilità di miglioramento e ricostruzione dei centri storici anche attraverso metodologie innovative e materiali di nuova generazione verificati, testati e monitorabili nel tempo.

Tutto ciò è stato realizzato in SISMI attraverso un approccio integrato e transdisciplinare a partire dalla convinzione che la sicurezza del territorio e dei beni storico-culturali sia l'esito di un processo dinamico di riduzione del rischio a cui collaborano elementi fisici e strutturali ed elementi socio-culturali, in grado di garantire e promuovere la resilienza delle comunità locali. È quest'ultimo un tema fondamentale e pervasivo che il Centro di Eccellenza DTC Lazio continuerà a sviluppare e ad approfondire attraverso future iniziative di ricerca, trasferimento tecnologico e alta formazione, in sinergica e stretta collaborazione con le istituzioni e il territorio.

Un profondo e sentito ringraziamento va a tutti i colleghi e i ricercatori che hanno lavorato e contribuito a questo importante progetto, e in particolare alla prof.ssa Lucina Caravaggi che lo ha coordinato.

**DTC Lazio, within the territory
and for the territory
The largest technological district in
Europe for heritage and cultural activities
explores current events and the need
for technological interventions aimed at
supporting the community, even in case
of seismic disasters**

The Centre of Excellence of the Lazio DTC was born just over two years ago, in July 2018, with the signing of the deed of commitment between the Lazio Region, the five public universities of Lazio (Sapienza University of Rome, University of Tor Vergata, University of Roma Tre, University of Viterbo, University of Cassino and Southern Lazio) and the research centres CNR, ENEA, INFN.

The initiative, aimed at the creation of the largest technological cultural district in Europe, is part of the plan of interventions envisaged by the Supplementary Agreement of the Framework Program Agreement (2008 APQ between the Lazio Region, MIUR, MIBACT, MISE), supported by a budget of 41.7 million euros (half funded by the Lazio Region and half by MIUR – now MUR).

The primary objective of the Centre of Excellence is to systematize territorial resources, skills and know-how of the founding partners and stakeholders, in order to activate strategic actions in terms of training, research, innovation and technology transfer; in order to contribute to the strengthening, relaunch and internationalization of the entrepreneurial system of Lazio which operates in the sector of technologies applied to cultural heritage.

Today the Centre of Excellence, with over 270 advanced technology laboratories, involves over 700 researchers and over 100 stakeholders in its network. It takes the form of an innovation pole and a service centre for the territory through the implementation and development of strategic actions in terms of higher education,

research, innovation and technology transfer; in order to strengthen, relaunch and internationalize the entrepreneurial system of Lazio, in the sector of technologies applied to cultural heritage and activities.

By putting into a system the territorial resources, skills, know-how and technologies of the associated partners, it is a point of reference and support for public entities (e.g. Public Superintendencies and Capitoline Superintendence), private entities (e.g. Foundations, associations or collectors) and for companies (craft and industrial) operating in the Cultural Heritage sector. In this direction, the Centre of Excellence carries out its mission with a transdisciplinary approach, integrating skills and disciplinary areas in three specific technological HUBs: digital technologies and digitization; technologies for diagnostics, conservation and restoration; technologies for the design and management of resources.

Thanks to the funding provided by the Lazio Region for the implementation of the first phase of the start-up plan of the Centre of Excellence DTC Lazio, the research project SISMI (Technologies for the improvement of safety and the reconstruction of historical centres in seismic areas) to which this important volume is dedicated, has been carried out.

SISMI was attended by the founding partners of the Centre of Excellence and created the training ground where DTC researcher's skills, know-hows and advanced technologies have been integrated, developed and tested with the aim to define innovative intervention strategies

to improve safety and actively support the reconstruction of historical centres in seismic areas of Lazio.

SISMI has set the objective of creating the technical-scientific base to support regional choices and activities aimed at the conservation, enhancement and recovery of the historical-cultural heritage in seismic areas, providing tools to evaluate the needs, opportunities and priorities of intervention; assess the degree of vulnerability and seismic hazard; identify concrete and practicable possibilities for improvement and reconstruction of historical centres, also through innovative methodologies and new generation verified, tested and monitored over time materials.

All of this has been achieved in SISMI through an integrated and transdisciplinary approach starting from the belief that the safety of the territory and of the historical-cultural heritage is the result of a dynamic process of risk reduction in which physical, structural and socio-cultural elements collaborate, in order to guarantee and promote the resilience of local communities.

The latter is a fundamental and pervasive theme that the DTC Lazio Centre of Excellence will continue to develop and deepen through future research initiatives, technology transfer and higher education, in synergy and close collaboration with institutions and communities.

A deep and heartfelt thanks goes to all the colleagues and researchers who worked and contributed to this important project, and in particular to Prof. Lucina Caravaggi who coordinated it.

Progetto SISMI-DTC Lazio

Conoscenze e innovazioni per la ricostruzione e il miglioramento sismico dei centri storici del Lazio

Lucina Caravaggi

Questo libro raccoglie una sintesi dei prodotti di ricerca elaborati all'interno del progetto denominato SISMI -Tecnologie per il miglioramento della Sicurezza e la ricostruzione dei centri Storici in area sisMIca – promosso dalla Regione Lazio all'interno del Centro di Eccellenza DTC Lazio – infrastruttura di ricerca per la conservazione, valorizzazione e promozione del patrimonio storico-artistico e culturale della regione, che ha il compito di promuovere la massima integrazione tra ricerca avanzata (Università del Lazio e Enti di Ricerca nazionali), mondo delle imprese e territori regionali. Al progetto SISMI hanno partecipato quattro Università del Lazio (Sapienza; Roma Tre; Università della Tuscia e Università di Cassino) e 3 grandi Istituti di Ricerca (CNR, INFN ed Enea). Nel progetto sono coinvolti 16 centri di ricerca, 35 professori e ricercatori senior e più di 30 ricercatori junior, assegnisti e borsisti.

Il progetto SISMI affronta i problemi della prevenzione, del miglioramento sismico e della ricostruzione nella regione Lazio, sullo sfondo di un preoccupante quadro nazionale.

Solo negli ultimi 50 anni in Italia ci sono stati 18 grandi eventi sismici, con magnitudo maggiore o uguale a 5,8, di cui 8 catastrofici (uguali o superiori al IX-XI grado della scala Mercalli)¹. Il numero di vittime, feriti, senzatetto, così come i danni ingenti alle abitazioni, al patrimonio storico-artistico e alle attività produttive, testimoniano l'estrema vulnerabilità di larghe parti del territorio nazionale e regionale. I finanziamenti stanziati per le fasi di soccorso, gestione dell'emergenza e ricostruzione nel periodo 1968-2016, dal terremoto del Belice a quello più recente che ha colpito l'Italia centrale sono stati stimati in circa 125 miliardi di euro, e la maggior parte dei processi di ricostruzione sono di fatto ancora *aperti*, mai conclusi del tutto².

Danni ingenti, costi elevati e tempi lunghi della ricostruzione sono strettamente connessi anche al grande peso del patrimonio storico nei territori colpiti. Il terremoto del centro Italia del 2016 ha colpito un territorio con più di 6.700 edifici di valore storico-artistico e un patrimonio di circa 70.000 beni immobili³. In circa 4 mesi (dal 24 agosto 2016 al 31 dicembre 2016) il Comando Carabinieri Tutela Patrimonio Culturale ha messo in sicurezza 8.062 beni (3.843 in

1 Archivio Storico Macrosismico Italiano (ASMI) (www.emidius.mi.ingv.it/ASMI); Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (INGV) (www.ingv.maps.arcgis.com/apps/MapTour).

2 In Irpinia, per es., proseguiranno almeno fino al 2023 (a 43 anni dall'evento); in Emilia, Abruzzo e Italia centrale fino al 2047 con un impegno di spesa previsto di ulteriori 35 miliardi di euro. Cfr: Camera dei Deputati - Servizio Studi - Dipartimento ambiente, *I principali eventi sismici a partire dal 1968 - Normativa antisismica, finanziamenti, agevolazioni fiscali e contributive - Schede di lettura*, "Documentazione e ricerche", 67, 2009.

3 Ministero dei Beni e delle Attività Culturali e del Turismo, *Relazione conclusiva attività coordinate dalla Di.Coma.C a seguito degli eventi sismici 2016-2017 del Centro Italia*, 2017.

Umbria; 2.618 nelle Marche; 1.581 nel Lazio; 20 in Abruzzo⁴). In base alla classificazione sismica della Regione Lazio il 98,2% dei Comuni del Lazio è dichiarato sismico. La distribuzione spaziale degli effetti (cfr. mappa delle Massime Intensità Macrosismiche osservate nel Lazio negli ultimi 1.000 anni) evidenzia come quasi la metà dei comuni della regione risentano di intensità comprese fra l'VIII/IX grado della scala MCS e che nel frusinate e nel reatino non vi siano comuni che abbiano risentito intensità macrosismiche inferiori all'VIII della scala MCS.

La finalità del progetto SISMI è di supportare scelte e attività regionali rivolte alla conservazione, valorizzazione e recupero del patrimonio storico-culturale in aree sismiche, fornendo strumenti attraverso i quali poter valutare necessità, opportunità e priorità di intervento; valutare il grado di vulnerabilità e pericolosità sismica; individuare concrete e praticabili possibilità di miglioramento e ricostruzione dei centri storici anche attraverso metodologie innovative e materiali di nuova generazione verificati, testati e monitorabili nel tempo.

Coerentemente con gli obiettivi del Centro di Eccellenza, il progetto SISMI si propone di fornire strumenti e metodi per la riduzione del rischio facendo interagire ricerca, politiche d'intervento e progettazione, supportando le scelte della ricostruzione e favorendo il dialogo con soggetti locali e imprese.

Il progetto SISMI è improntato al dialogo tra discipline diverse nella convinzione che la sicurezza del territorio e dei beni storico-culturali sia l'esito di un processo dinamico di riduzione del rischio a cui collaborano elementi fisici e strutturali ed elementi socio-culturali, in grado di garantire e promuovere la resilienza delle comunità locali.

Gli obiettivi del progetto nascono da una riflessione avviata a ridosso dei tragici eventi che hanno colpito il Centro Italia nell'agosto del 2016, in relazione all'impegno che molti laboratori universitari e centri di ricerca hanno profuso per supportare la fase della ricostruzione, ma nello stesso tempo il tema dei territori sismici è stato ricondotto all'interno di una riflessione più generale, cioè al modo in cui il governo del rischio potrà supportare le scelte future di prevenzione e miglioramento sismico.

Si tratta in primo luogo di superare alcune criticità ricorrenti che evidenziano la necessità di interventi di "prevenzione" nei territori caratterizzati da un forte rischio sismico.

Le conoscenze relative al patrimonio storico, nonché agli interventi di restauro e miglioramento sismico, sono frammentate e difficilmente utilizzabili, sia nella fase di emergenza che in quella di ricostruzione.

⁴ Comando Carabinieri Tutela Patrimonio Culturale, *Attività connesse agli eventi sismici nell'Italia Centrale*, Relazione, dicembre 2016.

Esiste in Italia una tradizione consolidata di indagini volte alla conoscenza del patrimonio storico e delle tecniche costruttive locali, ma la mancanza di modalità condivise di integrazione, implementazione e riproduzione delle conoscenze ne impedisce un uso proficuo, in particolare da parte delle amministrazioni pubbliche, che sono spesso all'oscuro delle conoscenze prodotte relativamente ai loro territori. Questo alimenta la tendenza a ricominciare ogni volta da zero senza valorizzare quanto già esiste, rimettendo in discussione i modelli di ricostruzione in nome di specificità territoriali, che indubbiamente esistono, ma che in questo modo finiscono per diventare più un limite (particolarismo e localismo) che una risorsa (valorizzazione di differenze dentro un quadro di coerenza generale). Da qui emerge l'utilità di produrre quadri conoscitivi e metodiche d'intervento capaci di enfatizzare specificità locali (costruttive, sismiche ecc.) ma nel contempo di garantire un quadro di coerenza generale, riproducibile, tesauroizzabile, tale da ottimizzare la grande quantità di dati esistenti. *Un secondo aspetto di criticità è quello della settorialità.* La vulnerabilità di un territorio è la risultante complessa di variabili differenti, non solo fisiche ma anche culturali, economiche, sociali. È quindi necessario indagare le diverse componenti in modo congiunto, transdisciplinare e multidimensionale per pervenire ad una conoscenza dei diversi fattori di rischio e delle loro interrelazioni, se si aspira a un progetto di rafforzamento della resilienza di un territorio.

Si tratta infine di rinnovare una *visione limitata delle potenzialità connesse al patrimonio culturale*. Il patrimonio culturale e storico (beni, paesaggi, tradizioni e culture materiali e immateriali) è da tutti indicato come risorsa centrale per lo sviluppo sostenibile delle aree interne. Una risorsa di cui tuttavia non sembrano sufficientemente indagati limiti e possibilità, per garantirne non solo la tutela, ma anche nuove forme di valorizzazione.

Resilienza come consapevolezza

I terremoti degli ultimi anni hanno interessato prevalentemente territori appenninici a quote alto-collinari e montane.

Si tratta di aree soggette a un inesorabile spopolamento dal dopoguerra a oggi, tendenza che i terremoti stanno ulteriormente rafforzando.

Anche i timidi segnali di "ritorno alla montagna" registrati negli ultimi anni negli insediamenti alpini (Dematteis, 2013; Corrado, Dematteis, 2016), non sembrano avere corrispondenze nelle aree appenniniche. I territori montani dell'appennino non sono solo *aree interne*, genericamente definite in base alla "distanza" dai centri più dinamici⁵,

⁵ Le 72 aree selezionate nell'ambito della Strategia Nazionale per le Aree Interne comprendono 1.077 Comuni: il 57,7% è classificato come "periferico" e "ultra-periferico" (un Comune è classificato come "periferico")

1. Beni culturali e paesaggio come patrimonio irrinunciabile di continuità storica e aspirazione al futuro

Tecnologie digitali anche open source che consentano aggiornamento e interrogazione continua, multipla e in tempo reale a supporto delle scelte dell'amministrazione. Valutazione multiscalare e multidimensionale delle vulnerabilità del patrimonio (dalla scala del paesaggio a quelle dei beni mobili) a supporto delle attività del Mibact e di enti preposti alla tutela.

3. Capitale naturale e capitale sociale come risorse per nuove vitalità e un «Green New Deal»

Progetti sperimentali per:

- connettere politiche di ricostruzione e prevenzione con prospettive concrete di rilancio territoriale all'interno di programmi e linee di finanziamento nazionali ed europee in atto;
- attivare nuove forme di coesione e alleanza tra territori e comunità, stanziali e temporanee, come alternativa alla delocalizzazione, a forme sterili di sussidio e a interpretazioni banali delle risorse locali;
- garantire la qualità di insediamenti e strutture temporanee scongiurando il rischio che si trasformino in un permanente di bassa qualità e infiggano ferite indelebili



1.
I 5 pilastri del progetto SISMI.

2. Presa d'atto delle situazioni di pericolosità locale come condizione inderogabile per un razionale e lungimirante governo del territorio

Modelli innovativi di simulazione e monitoraggio della risposta sismica dei territori per consentire una valutazione complessa delle prestazioni di insediamenti e infrastrutture considerando possibili effetti di interferenza e amplificazione dovuti a differenti scenari di rischio (sismico, idrogeologico, valanghe,...).

Indicatori di resilienza psicologico-sociale che permettano di misurare le risposte della comunità di resilienza psicologico-sociale che permettano di misurare la risposta delle comunità.



4. Abitazioni e centri sicuri come condizione irrinunciabile per comunità al sicuro

Percorsi e spazi sicuri come occasione per migliorare accessibilità, fruizione e dotazione di servizi essenziali per la vita quotidiana.

Tecniche diagnostiche per supportare scelte differenziate in rapporto a tempi, costi, livelli di sicurezza, e intervenire olisticamente su aggregati urbani, singoli edifici e beni mobili.

5. Monitoraggio permanente come affermazione positiva di una cultura della prevenzione

Messa a punto di tecniche e strumenti di ultima generazione, ad elevata sensibilità, facilmente installabili, poco invasivi e a basso costo per il monitoraggio continuo (sensori intelligenti e nanotecnologie)

ma anche *aree marginali*, caratterizzate da scarsa accessibilità, carenza di servizi e spazi pubblici, mancanza di opportunità culturali e lavorative, abbandono di paesaggi rurali, pericolosità ambientale che, combinata alla elevata vulnerabilità di centri storici, determina alti livelli di rischio sismico e idrogeologico.

In particolare si assiste allo svuotamento di senso e di funzioni vitali dei centri storici, ormai costituiti in maggioranza da seconde case, a cui si accompagna l'estrema stagionalità dei flussi turistici, la recettività ancorata a modelli del passato e un perdurante conflitto culturale e amministrativo tra tutela e trasformazione.

Eppure si tratta di paesaggi straordinari, come è raccontato anche nel Padiglione Italia all'ultima Biennale di Architettura di Venezia, in una mostra che ha esplorato le possibilità di rilancio di un'Italia "interna" a cui affidare le speranze di ripresa del paese.

"Si tratta di territori spazialmente e temporalmente lontani dalle grandi aree urbane, ma detentori di un patrimonio culturale inestimabile, con peculiarità che pongono l'Italia in discontinuità rispetto all'armatura urbana europea, permettendo di identificarla come uno spazio urbano nel Mediterraneo, per utilizzare le parole di Braudel" (Cucinella, 2018, p. 15). Si tratta di una grande potenzialità, rafforzata dalla recente pandemia.

Con le parole di Aldo Bonomi si potrebbe dire che "oggi le risorse di ciò che era margine si fanno centrali nell'epoca che interroga i modelli di sviluppo e le forme di convivenza: acqua, aria, boschi, paesaggio sono elementi fondanti della green economy, sono l'utilità marginale di un'economia nella crisi ecologica del sistema" (Bonomi, 2018, p. 21).

Su questo sfondo la ricostruzione avviata nell'Italia centrale dopo l'ultimo terremoto dell'agosto 2016 sembra davvero aver bisogno di nuovi paradigmi, per superare un generale stato di *impasse*. Le scelte non appaiono scontate, per la grande distruzione subita da centri quasi del tutto spopolati, e per la profonda crisi economica del paese. L'obiettivo non è illudere le popolazioni che non ci saranno più rischi ma *produrre resilienza*, sinonimo di *flessibilità*, intesa come capacità di metabolizzare i cambiamenti sulla base di nuove evidenze scientifiche ed esperienze diverse dal passato; *intraprendenza*, intesa come la capacità di raggiungere obiettivi di vitalità economica e prospettive

se dista tra i 40 e i 75 minuti dal proprio polo di riferimento; è classificato come "ultra-periferico" se dista più di 75 minuti dal polo di riferimento). La perifericità delle aree selezionate emerge con maggiore chiarezza se si considera la "connessione digitale": la quota di popolazione raggiunta da una rete fissa a banda larga compresa tra i 2 e i 20 mega è solo del 55%, a fronte di un dato medio nazionale del 75%. Gli altri indicatori riguardano le dinamiche demografiche, la dotazione di servizi, il tasso di istruzione ecc. Cfr: *Relazione annuale sulla strategia nazionale per le aree interne*, presentata al Cipe dal Ministro per la Coesione Territoriale e il Mezzogiorno Claudio De Vincenti, 2018.

di sviluppo attraverso nuove vie, innovative e creative; *inclusività*, intesa come capacità di coinvolgere insieme eterogenei di persone e luoghi; e *integrazione*, come abitudine a sviluppare obiettivi comuni coordinando gli sforzi.

Ma in Italia, e non solo in Italia, le politiche territoriali sono spesso impennate più sulla risposta agli eventi che sulla prevenzione; più sulla gestione della contingenza che sulle fonti di rischio e le cause strutturali dei fenomeni. Questo non favorisce lo sviluppo della resilienza intesa come conoscenza dei livelli di vulnerabilità del proprio territorio, consapevolezza del pericolo e chiarezza delle prospettive di vita che possono essere coltivate.

Il progetto SISMI si è sviluppato lungo 5 direzioni, nella convinzione che le nuove forme di resilienza potranno essere sviluppate solo in rapporto ad una *cultura della consapevolezza dei rischi*.

1. Se è vero che *gli insediamenti storici, i beni culturali e il paesaggio sono assunti come patrimonio irrinunciabile di continuità storica e aspirazione al futuro* è indispensabile avviare valutazioni attente (e attendibili) relative alla *vulnerabilità* di questo patrimonio a supporto delle attività degli enti locali, della Regione e del Mibact, favorendo la diffusione di tecnologie digitali, anche open source, che consentano aggiornamento e interrogazione continua, multidimensionale e in tempo reale a supporto delle scelte di intervento, soprattutto preventivo, ma anche di restauro e ricostruzione.

2. La *presa d'atto delle situazioni di pericolosità locale è una condizione inderogabile per un razionale e lungimirante governo del territorio*. Sono necessari modelli innovativi di simulazione e monitoraggio della risposta sismica locale per consentire una valutazione complessa delle prestazioni di insediamenti e infrastrutture, considerando anche i possibili effetti di interferenza e amplificazione dovuti a differenti scenari di rischio (sismico, idrogeologico, valanghe ecc.).

3. È necessario mettere a punto progetti in grado di *connettere le politiche di ricostruzione e prevenzione con prospettive concrete di rilancio territoriale* all'interno di programmi e linee di finanziamento nazionali ed europee. In particolare progetti capaci di attivare nuove forme di coesione e alleanza tra territori e comunità, stanziali e temporanee, come alternativa alla delocalizzazione. I progetti dovrebbero altresì garantire la qualità architettonica di insediamenti e strutture temporanee scongiurando il rischio che si trasformino in strutture permanenti di bassa qualità che infliggono ferite indelebili al paesaggio storico già sconvolto dal terremoto.

4. Lo sviluppo di comunità resilienti è inscindibile dalla *garanzia di abitazioni e centri sicuri*. Questa affermazione dovrebbe guidare una vasta campagna di interventi di miglioramento sismico attraverso la diffusione di tecniche diagnostiche ben controllate e affidabili, in grado di supportare scelte *differenziate* in rapporto a tempi, costi, livelli di sicurezza, ma tali da garantire anche interventi *olistici* su aggregati urbani, singoli edifici e beni mobili.

È necessaria una maggiore diffusione dei risultati innovativi che

stanno maturando nel campo del consolidamento di materiali tradizionali (murature in pietra, materiali lignei ecc.) avviando un forte rinnovamento culturale delle imprese di costruzione, spesso completamente all'oscuro degli avanzamenti della ricerca e dei nuovi materiali già disponibili sul mercato.

Rimane comunque necessaria un'attenta pianificazione preventiva dell'emergenza attraverso la predisposizione di percorsi e spazi sicuri. Queste "attrezzature" possono costituire l'occasione per migliorare l'accessibilità, la fruizione e la dotazione di servizi essenziali per la vita quotidiana.

5. Si tratta infine di affermare in modo positivo una nuova cultura della prevenzione diffondendo nuove forme di *monitoraggio permanente*, basate su tecniche e strumenti di ultima generazione, a elevata sensibilità, facilmente installabili, poco invasivi e a basso costo per il monitoraggio continuo (sensori intelligenti e nanotecnologie).

Dialogo tra discipline e competenze

Per trasformare questi indirizzi in obiettivi concretamente perseguibili sui territori colpiti dal sisma è necessaria una forte collaborazione tra discipline e competenze diverse. È necessario cioè rinnovare profondamente le pratiche "settoriali" che fino a oggi non si sono dimostrate capaci di affrontare la complessità degli interventi di prevenzione e miglioramento sismico, creando non pochi problemi anche in fase di ricostruzione.

Uno dei principali elementi di innovazione del progetto SISMI è la messa a punto di una modalità di integrazione delle conoscenze e delle valutazioni inerenti le diverse componenti della vulnerabilità e pericolosità sismica di un territorio, nonché le modalità di intervento e monitoraggio.

Si tratta di un lavoro che implica il dialogo tra conoscenze e competenze eterogenee che fino a oggi hanno avuto scarsi momenti di scambio scientifico, riducendo in questo modo l'integrazione a un puro momento "formale", di scarsa efficacia. Si tratta di sviluppare nuove attitudini trans-disciplinari, nel rispetto dei linguaggi disciplinari ma con la capacità di interrelare i linguaggi, scoprendo nuove possibili co-evoluzioni.

"Transdisciplinarity is the 'intellectual space' where the nature of the manifold links among isolated issues can be explored and unveiled, the space where issues are rethought, alternatives reconsidered, and interrelations revealed" (UNESCO – Division of Philosophy and Ethics, 1998).

In accordo con questa definizione, la ricerca SISMI ha attivato uno spazio intellettuale adatto a esplorare le connessioni tra diversi argomenti, favorendo la condivisione di punti di vista differenti e il dialogo tra argomenti generalmente distanti tra loro, in modo tale da evidenziarne le relazioni. In generale cercando di andare oltre il concetto di competenza specialistica.

I diversi gruppi di lavoro hanno interagito attraverso un proficuo scambio di conoscenze e di dati, nella convinzione che per ridurre la vulnerabilità sismica e mettere in atto efficaci strategie di recupero e prevenzione occorre agire contemporaneamente su più fronti attivando differenti competenze e professionalità.

Ogni gruppo di lavoro ha contribuito attivamente alla costruzione di un quadro di conoscenze e strumenti in grado di supportare decisioni e scelte di tecnici e amministratori (così da non "ripartire-da-zero" all'indomani di un nuovo evento sismico) valorizzando e sviluppando competenze e metodiche di intervento già acquisite per poter agire in maniera efficace e meno dispendiosa che in passato (dispendio di risorse umane, tempi, costi ecc.).

In piena attuazione del principio di collaborazione disciplinare, dichiarato già in fase di scrittura del progetto SISMI, i WVP leader e il coordinatore generale hanno perseguito costantemente il dialogo e lo scambio di contenuti tra i differenti ambiti disciplinari e gruppi di lavoro attraverso specifiche modalità organizzative. Per facilitare un dialogo *strutturato* e costante nel tempo è stata definita una medesima sequenza espositiva del lavoro di ricerca e di restituzione dei suoi risultati, preoccupandosi anche di elaborare prodotti facilmente divulgabili. Ciascun gruppo ha lavorato condividendo "obiettivi prestazionali" e "modalità organizzative" del lavoro di ricerca.

Obiettivi prestazionali. Le prestazioni perseguite in modo trasversale dai diversi gruppi disciplinari sono orientate a garantire la massima diffusione e l'agevole utilizzo pubblico delle conoscenze e delle metodiche sperimentate con il progetto SISMI, evidenziando in particolare:

- *Innovazione*: il progetto SISMI ha perseguito un reale avanzamento di conoscenze e tecnologie proponendo, perfezionando o riorganizzando modalità di lettura e di valutazione precise e puntuali; fornendo indicazioni sulla determinazione degli interventi attraverso valutazioni specifiche della loro efficacia e proponendo la sperimentazione di dispositivi e materiali di ultima generazione;
- *Accessibilità*: l'ampliamento delle conoscenze è stato guidato dal principio di accessibilità. Molti dei dati ottenuti attraverso le attività di analisi e indagine sono infatti confluiti in database, portali web e applicazioni – già esistenti o appositamente realizzati – continuamente aggiornabili e facilmente interrogabili.
- *Applicabilità*: i risultati scientifici e le metodologie prodotte sono il frutto di sperimentazioni che muovono dai caratteri specifici dei contesti di studio e risultano quindi applicabili ai territori sismici del Lazio, ma nello stesso tempo sono *modelli aperti* ad altre possibilità di declinazione in altri contesti.
- *Performance*: le attività e le metodologie sperimentali sono state elaborate in modo da ottenere risultati significativi rispetto agli obiettivi e ai problemi individuati;

- *Praticabilità*: i risultati delle diverse attività sono stati restituiti sotto forma di strumenti – linee guida, strumenti di calcolo, workflow – facilmente utilizzabili da parte delle amministrazioni e dei loro uffici tecnici
- *Replicabilità*: tutti i risultati sono generalizzabili e replicabili in contesti analoghi. In particolare è stata dedicata attenzione non solo a esplicitare come intervenire, ma “quando” e “se”, fornendo parametri di valutazione rispetto ai contesti di intervento.

Modalità di dialogo tra discipline e competenze. Lo scambio e dialogo tra le fasi del lavoro, che ha permesso la discussione e la verifica in progress dei risultati e delle interrelazioni tra gruppi, è stato *strutturato* come sequenza organizzativa comune a tutti i gruppi di lavoro nelle diverse articolazioni (W/P e task).

In primo luogo è stato chiesto di chiarire a quali problemi si stessero cercando risposte e quali le difficoltà da superare a partire dall'esperienza specifica del sisma che ha colpito la regione Lazio. La chiara esplicitazione dei problemi rende infatti più efficace l'argomentazione e la comunicazione degli obiettivi di progetto, in termini di soluzioni, minimizzazioni o chiarimenti dei problemi stessi, evitando i rischi dell'autoreferenzialità.

In secondo luogo tutti sono stati tenuti a illustrare chiaramente e sinteticamente il “metodo scientifico” seguito, evidenziandone *aspetti innovativi, dati utilizzati, modalità di correlazione e interpretazione di dati stessi*. La metodologia, ricondotta a questi elementi chiave, evidenzia l'affidabilità dei risultati. Anche la discussione delle fasi di lavoro, intese come step funzionali definibili in termini sia di operazioni da svolgere che di prodotti intermedi, ha avuto un peso significativo nell'attivazione del dialogo tra discipline.

Si è chiesto infine di ricondurre i risultati scientifici del lavoro, che si tratti di *prodotti o procedure*, programmaticamente eterogenei, alla natura di “strumenti” da mettere a disposizione della Regione e delle Amministrazioni locali per supportare le scelte, dialogare con soggetti locali e stakeholders, divulgare conoscenze e procedure disseminandole sui territori, in modo tale cioè da renderle “utilizzabili” (per es. linee guida, banche dati, criteri progettuali, requisiti e prestazioni di materiali innovativi, risultati di test ecc.). L'auspicio è che i risultati raggiunti siano utilizzati per affrontare sia la **ricostruzione** dei territori colpiti da sismi recenti, sia per la **prevenzione** e il **rilancio** delle aree interne della regione, anche supportando corsi di aggiornamento per tecnici e amministratori locali, come ad esempio il Master che sarà avviato all'interno dello stesso DTC sul tema della conoscenza e gestione degli eventi sismici. In particolare il progetto ha definito modalità di lavoro e strumenti utili a:

- **valutare la vulnerabilità** dei territori, dei paesaggi, dei centri storici, dei beni culturali, dei singoli edifici e delle comunità insediate;



2. Obiettivi prestazionali del progetto Sismi.
3. Circolarità del processo di ricostruzione.

- **valutare la pericolosità** sismica locale, le possibili amplificazioni del rischio legate a caratteri topografici e stratigrafici e la possibile occorrenza di pericolosità combinate (franosità indotta dai terremoti);
- **valutare le possibilità di intervento**, in termini di tecniche disponibili, economie e tempi in rapporto a differenti livelli di analisi della vulnerabilità di edifici singoli e aggregati;
- **individuare modalità di intervento per garantire il funzionamento del sistema dei percorsi** in caso di emergenza;
- **individuare modalità di intervento e dispositivi** per la protezione sismica di oggetti contenuti negli edifici (opere d'arte vulnerabili, teche museali, oggetti d'arte e attrezzature delicate per infrastrutture strategiche));
- individuare **metodologie innovative e materiali di nuova generazione** per il ripristino e il recupero dei materiali storici,
- disseminare metodi e risultati dei Test di verifica sismica sui materiali per la ricostruzione e il recupero;
- fornire indicazioni sull'implementazione di **sistemi di monitoraggio strutturale innovativi**, a basso costo e facilmente utilizzabili.

Struttura e contenuti del progetto SISMI

Le sei parti del libro corrispondono ai 6 Work Package nei quali il progetto è stato strutturato fin dalle fasi iniziali. La convinzione di fondo è che per supportare le scelte e le attività regionali rivolte alla conservazione, valorizzazione e recupero del patrimonio storico-culturale in aree sismiche, sono necessari strumenti "eterogenei", che nel loro insieme contribuiscono a creare un nuovo modo di lavorare nei territori sismici, e che richiedono un nuovo dialogo tra diverse discipline e competenze coinvolte.

Il progetto è organizzato in 3 grandi famiglie tematiche, in rapporto a tre tipi di domande (tra loro fortemente correlate) che si presentano al momento di intervenire in aree sismiche:

- valutare il grado di vulnerabilità e pericolosità sismica (parti 1, 2);
- valutare necessità, opportunità e priorità di intervento e individuare possibilità di miglioramento attraverso metodologie e materiali di nuova generazione (parti 3, 4);
- disporre dei risultati di verifica sismica effettuati in laboratorio e avviare campagne di monitoraggio permanente a supporto di una nuova cultura della prevenzione e della sicurezza (parti 5, 6).

I. Vulnerabilità sismica. Nella prima sezione della ricerca, corrispondente alla prima parte di questo libro, si è tentata la difficile delimitazione della vulnerabilità, che assume un particolare rilievo nella prospettiva di interventi di prevenzione e ricostruzione. Tra i due fattori del rischio – secondo la nota definizione di Rischio (R) come prodotto complesso tra i fattori della Vulnerabilità (V) e

quelli della Pericolosità (P) – la maggior parte degli interventi sono ovviamente rivolti ad abbassare i livelli della Vulnerabilità, essendo la Pericolosità sismica non modificabile in sé, ma soggetta soltanto ad una conoscenza più approfondita e articolata, da tenere ben presente nelle scelte di localizzazione e di intervento.

Le aree sismiche del Lazio sono aree che presentano numerose fragilità connesse all'abbandono e alla scarsa vitalità economico-territoriale. Si tratta di fragilità, relative a edifici e infrastrutture, dovute alla carenza di interventi di miglioramento sismico adeguati ai livelli di pericolosità, a una cultura delle "ristrutturazioni" del tutto avulsa dagli scenari di rischio, soprattutto dei centri storici. A queste fragilità si sommano quelle dell'invecchiamento delle popolazioni, di un tessuto produttivo poco propenso all'investimento in settori innovativi (quali per es. salute e benessere, integrazione tra beni culturali e turismo sostenibile ecc.) e all'inevitabile oblio delle radici collettive dell'appartenenza territoriale, con le sue specificità e la sua storia.

La fragilità, di fronte agli scenari di un pericolo grave come quello sismico, genera elevati livelli di vulnerabilità: edifici, centri abitati, comunità e territori diventano estremamente vulnerabili, possono cioè essere feriti facilmente e gravemente, compromettendo le possibilità di reazione positiva al trauma (resilienza).

Nella prima parte sono contenute quindi procedure di rilievo e di valutazione finalizzate ad una conoscenza approfondita dei diversi parametri di fragilità, che nel loro insieme concorrono a determinare la vulnerabilità di un territorio e dei suoi insediamenti storici.

Al fine di supportare scelte e attività di amministrazioni locali per il miglioramento sismico dei centri storici il progetto SISMI ha delineato percorsi di indagine integrata, multidimensionale e transdisciplinare, nella convinzione che la sicurezza del territorio e dei beni storico-culturali sia l'esito di un processo dinamico di riduzione del rischio a cui collaborano sia elementi fisico-strutturali che elementi socio-culturali, in grado di garantire e promuovere la resilienza delle comunità locali.

Per mettere a fuoco la vulnerabilità complessiva di un contesto rispetto al pericolo sismico è necessario cioè utilizzare metodologie fortemente trans-scalari capaci di tenere insieme territori vasti con diversi tipi di insediamenti e collegamenti, centri storici, aggregati edilizi, singole unità edilizie e diverse tecniche costruttive, prendendo in considerazione contemporaneamente componenti relative alle comunità insediate e ai loro tratti socio-culturali ed economici, facendo dialogare competenze specifiche del restauro, della storia dell'architettura e della città, della progettazione architettonica e del paesaggio, dell'urbanistica, della psicologia ambientale ecc.

Il progetto SISMI ha declinato questa complessità in rapporto ad alcuni centri tematici particolarmente significativi nell'area laziale:

a. Centri storici – Indagini sulla vulnerabilità dei centri storici e dei loro contesti, per la conoscenza approfondita delle debolezze



4.
Struttura del progetto: Work Package e coordinatori.

connesse al processo evolutivo di aggregati e unità edilizie, alle caratteristiche dei tipi edilizi, alle tecniche costruttive e ai materiali tradizionali. La corretta raccolta, interpretazione e sistematizzazione di dati sulla vulnerabilità dei centri storici è una condizione irrinunciabile per favorire la tutela e la sicurezza del patrimonio culturale inteso come “paesaggio storico urbano”.

b. Paesaggi e comunità – Indagini relative al livello di vulnerabilità dei paesaggi intesi come insieme di relazioni storiche, culturali, economico-produttive tra comunità insediate e territori, che gli eventi catastrofici possono indebolire o compromettere, specie se in presenza di fragilità e criticità pregresse. In questo quadro di riferimento il paesaggio non è inteso come sfondo o vincolo ma come insieme di relazioni evolutive, materiali e immateriali, che legano territori, comunità, modi di abitare, produrre, utilizzare le risorse ambientali e riferimento centrale del processo di ricostruzione, messa in sicurezza attiva e rilancio economico e sociale dell'area colpita dal sisma. Conseguentemente, le comunità non devono essere considerate passive e inermi di fronte alle emergenze, ma soggetti attivi capaci di migliorare il proprio livello di resilienza e le proprie modalità di relazione con il rischio, nei suoi vari aspetti e nelle diverse fasi.

c. Architettura e identità – Indagini sulle prestazioni degli edifici strategici (scuole, edifici produttivi, sedi amministrative) e sulle nuove architetture, sia temporanee che permanenti, in situazioni di emergenza e nel processo di ricostruzione, non solo in termini di funzionalità e versatilità, ma anche in termini di iconicità (comunicazione di valori di sicurezza, accoglienza, identità), compatibilità e dialogo con i contesti storici.

2. Pericolosità sismica. La seconda sezione del progetto SISMI, sinteticamente richiamata nella seconda parte di questo libro, è dedicata ai temi della pericolosità. Le variabili della pericolosità, come già accennato, esulano dalla possibilità di interventi mirati ad una loro riduzione diretta ma richiedono avanzamenti conoscitivi che permettano una più rigorosa valutazione delle condizioni di rischio. A questo fine sono stati messi a fuoco nuovi modelli che permettono analisi e valutazioni più dettagliate rispetto al recente passato, in particolare per determinare le azioni sismiche attraverso approcci probabilistici, in grado di prendere in considerazione sia l'esperienza maturata nei precedenti terremoti (sequenze sismiche verificatesi in tempi recenti) sia i fenomeni di amplificazione specifici dovuti alla conformazione topografica e alla geometria sommersa delle stratificazioni geologiche locali.

Anche per valutare la pericolosità sismica in modo sempre più attendibile appare necessario collegare e connettere conoscenze sperimentali e profili di analisi differenti, che si avvalgono di metodiche diverse.

In particolare si tratta di integrare l'impiego di modelli bidimensionali già diffusi con modelli tridimensionali capaci di

tenere in considerazioni le caratteristiche spaziali delle azioni sismiche, le possibili amplificazioni legate ai caratteri topografici e stratigrafici del suolo. Uno speciale approfondimento è inoltre necessario per valutare le interazioni tra sismi e altri tipi di pericolosità (per es. idrogeologica), nonché le correlazioni tra centri abitati e rete viaria.

Questi aspetti sono stati indagati attraverso una specifica articolazione del lavoro di ricerca che ha permesso di focalizzare le seguenti questioni:

a. Pericolosità sismica di base – Riorganizzazione delle indagini volte alla definizione delle azioni sismiche di base e cioè alla creazione di un sistema di conoscenze per la determinazione delle azioni sismiche in condizioni ideali / semplificate / uniformi come base per successive caratterizzazioni.

b. Possibili amplificazioni delle azioni sismiche legate a caratteri topografici e stratigrafici – Messa a punto di modelli tridimensionali e bidimensionali per la conoscenza e la valutazione della risposta sismica locale di un intero centro abitato in base a fenomeni di amplificazione legati a specifici assetti topografici e stratigrafici.

c. Possibili amplificazioni del rischio legate a pericolosità combinate (franosità indotta dai terremoti) sulle infrastrutture viarie – Indagini volte all'individuazione su base probabilistica di infrastrutture viarie che possono essere coinvolte in fenomeni franosi sismo-indotti.

3. Metodologie per il miglioramento sismico. La terza sezione del progetto Sismi è dedicata ai temi del *Miglioramento sismico*. La stima della vulnerabilità finalizzata alla programmazione di interventi di riduzione del rischio è un'operazione molto complessa e difficilmente generalizzabile, ed ha ricadute evidenti sulla scelta degli interventi di mitigazione.

Più che un prontuario meccanico di soluzioni che, come purtroppo è avvenuto in passato, rischiano di determinare una grave compromissione del bene con interventi invasivi (a volte senza comunque evitare la perdita del bene stesso) è necessario fornire strumenti adeguati per guidare le amministrazioni e i tecnici nel processo di valutazione del rischio sismico e nella definizione delle ipotesi di intervento.

Attraverso casi campione, su cui sono stati effettuati rilievi diretti approfonditi, i temi della valutazione di vulnerabilità e dei criteri operativi di intervento sono stati oggetto di una disamina tecnica che si costituisce come un supporto per guidare “le decisioni da prendere”.

Illustrare il percorso conoscitivo e progettuale che dalla stima della vulnerabilità conduce alla scelta dell'intervento di mitigazione appare infatti un'operazione decisiva ai fini di più consapevoli valutazioni dei rapporti costi-benefici. L'obiettivo è di mostrare l'articolazione dei diversi livelli di approfondimento, tra loro interdipendenti, che sono necessari per arrivare a scelte di intervento consapevoli.

Il lavoro di ricerca è stato condotto a differenti scale, da quella urbana a quella dell'aggregato edilizio e dei singoli edifici storici, fino ai singoli "oggetti" artistici presenti all'interno degli edifici:

a. Territori e centri urbani – Messa a punto di una metodologia per la definizione degli interventi alla scala territoriale e urbana, a partire da una valutazione complessiva della vulnerabilità del territorio, da intendersi non come la sommatoria delle vulnerabilità delle singole opere d'arte, ma come l'interazione tra le varie componenti, inclusa la rete viaria, la cui interruzione può gravemente compromettere le fasi di esodo e soccorso durante e dopo un'emergenza.

b. Aggregati e singoli edifici – Messa a punto di strumenti e criteri a supporto delle amministrazioni per la scelta del tipo di analisi della vulnerabilità da condurre e degli interventi di mitigazione da eseguire, tenendo conto dei tempi e delle risorse a disposizione e con l'intento di scongiurare interventi invasivi e generalizzati.

c. Oggetti contenuti negli edifici – Messa a punto, sulla base di una concreta sperimentazione, di metodologie specificamente dedicate alla protezione degli oggetti d'arte e degli arredi all'interno degli edifici, considerando tutti gli aspetti connessi all'esposizione permanente o temporanea degli stessi, comprendenti anche le modalità di fruizione, la movimentazione e il trasporto.

4. Metodologie innovative e smart materials. La quarta sezione del progetto SISMI è dedicata agli *Smart materials per il ripristino, il restauro e il recupero di manufatti storici in zone sismiche*. Si tratta di materiali innovativi e nanotecnologie che possono essere fertilmente utilizzati per rafforzare la resistenza di materiali tradizionali usati nell'edificazione storica. Si tratta in primo luogo di migliorare la conoscenza dei materiali da trattare, la loro debolezza e la compatibilità con i materiali innovativi. Anche in questo caso è utile ricorrere a pratiche diagnostiche innovative, come quelle connesse al telerilevamento.

Le possibilità di impiego dei materiali innovativi sono relative al trattamento superficiale di materiali metallici e lapidei, ma possono assumere significati di miglioramento sismico come nel caso del *Textile Reinforced Mortar*, anche se le sperimentazioni sono ancora in corso.

La ricerca ha quindi declinato il tema delle tecnologie *smart* in ambito sismico in due principali filoni:

a. Innovazioni per la conoscenza del costruito – Applicazione di tecnologie avanzate e integrazione di tecniche tradizionali per l'acquisizione, l'interpretazione e la sistematizzazione di dati di diversa natura all'interno di modelli informativi che consentano la corretta visualizzazione e valutazione dei danni territoriali e dei comportamenti strutturali dei beni architettonici.

b. Innovazioni per la protezione delle superfici storiche – Sperimentazione di materiali di ultima generazione – nonché di materiali tradizionali utilizzati in maniera innovativa – e individuazione

delle tecniche più idonee per il trattamento, il consolidamento e la protezione di differenti tipi di superfici storiche.

5. Test di verifica. Nella quinta sezione del progetto SISMI sono state affrontate le questioni riguardanti i *Test di verifica sismica su tecnologie e materiali*.

La sperimentazione è stata finalizzata a fornire risultati e simulazioni del comportamento sismico delle strutture storiche, dell'efficacia degli interventi e delle tecnologie di recupero e miglioramento sismico, e contemporaneamente a disseminare metodi e risultati dei test di verifica sismica sui materiali e sulle tecniche di intervento. I pannelli murari testati su tavola vibrante sono rappresentativi della muratura storica tipica delle zone dell'Italia Centrale recentemente colpite dalla sequenza sismica del 2016-2017.

I test sono stati oggetto di un'interessante esperienza di sperimentazione condivisa con i cittadini di Collespada, da dove provenivano i campioni. I risultati e le simulazioni del comportamento sismico delle strutture storiche possono cioè contribuire a sviluppare nuove forme di consapevolezza collettiva e conoscenza diffusa, attraverso la disseminazione di metodi e risultati.

La sperimentazione è stata articolata in due principali ambiti di lavoro strettamente connessi per il raggiungimento dell'obiettivo generale della sezione:

a. Conoscenza delle caratteristiche delle murature storiche – Analisi delle caratteristiche delle murature di alcuni centri storici del cratere laziale, dalla tessitura muraria ai materiali utilizzati, che ha permesso di produrre, utilizzando gli stessi materiali reperiti in loco e riproducendo malte della medesima composizione, pannelli murari estremamente simili ai paramenti originali e rappresentativi delle tipiche murature storiche dell'Italia centrale.

b. Svolgimento dei test di verifica – Verifiche sperimentali su tavole vibranti per lo studio, attraverso appositi strumenti tecnologici di rilevazione, dei meccanismi di formazione delle fratture e delle modalità di collasso dei pannelli murari rappresentativi, sia senza che con gli opportuni interventi di rinforzo.

6. Monitoraggio strutturale sostenibile. Nella sesta e ultima sezione del progetto SISMI sono stati affrontati i temi del *Monitoraggio strutturale e della sostenibilità degli interventi*.

Il lavoro di ricerca evidenzia le innovazioni recenti e le sperimentazioni compiute direttamente dal gruppo di ricerca in rapporto a sistemi di *monitoraggio in continuo*, che, applicati per esempio a un bene monumentale, permettono di rilevarne eventuali deterioramenti, e di programmare interventi di restauro e di manutenzione, per la pianificazione di interventi di ripristino e conservazione ottimali.

Considerato lo sviluppo recente, rapido e fruttuoso, della tecnologia dei sensori sono ormai disponibili diverse tecniche innovative,

capaci di garantire prestazioni più elevate e misurazioni più affidabili rispetto ai sensori tradizionali. Il lavoro svolto all'interno del WP6 del progetto SISMI ha perseguito l'obiettivo di valutare l'efficacia di questi nuovi sensori con riferimento sia al monitoraggio dinamico, cioè alla misura delle vibrazioni indotte sull'opera, sia al monitoraggio statico, cioè alla lettura continuativa delle deformazioni in punti strategici della struttura. Il fine ultimo di questa attività è quello di abilitare un soggetto terzo al monitoraggio strutturale dell'opera disponendo di una rete di sensori a basso costo e di facile installazione.

Il monitoraggio dinamico è stato al centro di un rapido sviluppo grazie all'aumento delle prestazioni fornite dagli accelerometri e alla contestuale riduzione dei costi.

In particolare i recenti sviluppi nella tecnologia MEMS-Micro Electro-Mechanical Systems), nelle comunicazioni wireless e nell'elettronica digitale, stanno producendo nodi sensori a basso costo e risparmio energetico in grado di estrarre l'energia necessaria al loro funzionamento dalle stesse vibrazioni ambientali che devono essere misurate.

Sul fronte del monitoraggio statico, a differenza delle tecniche di misurazione tradizionale basata su dispositivi meccanici o elettrici, sono stati sviluppati recentemente sistemi innovativi di rilevamento basati sull'utilizzo di fibre ottiche o di estensimetri di nuova generazione ottenuti disperdendo nanocariche all'interno di una matrice non conduttiva.

Questi risultati indicano la possibilità di una diffusione di una nuova cultura del monitoraggio, non solo in rapporto ai grandi rischi ma come pratica collettiva funzionale a far crescere la consapevolezza nei confronti delle "trasformazioni" degli ambienti in cui viviamo.

Il lavoro di ricerca ha quindi affrontato:

a. Monitoraggio dinamico – Valutazione dell'efficacia di nuovi sensori e metodi innovativi, a basso costo e facilmente installabili, per il monitoraggio dinamico delle strutture, a confronto con gli strumenti di misura tradizionali.

b. Monitoraggio statico – Applicazione delle conoscenze acquisite nell'ambito della modellazione e caratterizzazione di materiali compositi a matrice polimerica, nanomateriali a base grafene e vernici nanostrutturate, per realizzare e caratterizzare sensori di deformazione per il monitoraggio strutturale

Elenco dei prodotti di ricerca

L'ampliamento delle conoscenze e l'avanzamento scientifico conseguito all'interno della ricerca SISMI ha prodotto dei risultati molto concreti, consistenti in strumenti – sistemi di dati, metodologie, linee guida – direttamente e facilmente utilizzabili. Questi prodotti di ricerca – di seguito elencati – illustrati sinteticamente nelle sezioni che seguono, sono disponibili in forma integrale nel report finale del progetto SISMI, presso la società regionale Lazioinnova.

1. Vulnerabilità sismica

- Criteri accreditati e implementabili per valutare trasformazioni, stato di conservazione e indici di vulnerabilità del costruito storico.
- Modelli interrogabili e ampliabili per la ricostruzione virtuale – ante e post-sisma – dei centri storici e per la gestione di dati e informazioni storiche multidimensionali.
- Criteri di lettura del costruito storico in grado di interpretare elementi e tecniche di prevenzione sismica della tradizione locale per migliorare qualità e prestazioni dei progetti di recupero e prevenzione.
- Sistema di conoscenze per la valutazione delle fragilità territoriali, delle risorse locali e delle opportunità innovative per il rilancio economico e sociale.
- Indicatori ripetibili e confrontabili per valutare la resilienza della comunità.
- Sistema di valutazione delle possibili risposte che l'architettura può fornire in situazioni di emergenza e ricostruzione.
- Metodo ripetibile di analisi e progettazione partecipata per l'individuazione degli elementi identitari dei centri urbani e la loro valorizzazione.

2. Pericolosità sismica

- Sistema di conoscenze per la determinazione delle azioni sismiche in condizioni ideali, semplificate, uniformi come base per successive caratterizzazioni.
- Metodo per la valutazione della risposta sismica locale dell'intero abitato in base a fenomeni di amplificazione legati a specifici assetti topografici e stratigrafici.
- Metodo per integrare gli studi di microzonazione sismica già esistenti, considerando periodi di ritorno più lunghi e valori aggiornati dei fattori di amplificazione dell'azione sismica locale.– Metodologia per l'individuazione su base probabilistica di infrastrutture viarie che possono essere coinvolte in fenomeni franosi sismo-indotti.

3. Metodologie per il miglioramento sismico

- Metodologia di valutazione delle prestazioni sismiche della rete viaria e linee guida per la realizzazione di percorsi sicuri.
- Modelli di analisi strutturale per valutare vulnerabilità e opportunità di intervento differenziali rispetto alle risorse economiche, temporali, umane e strumentali disponibili.
- Metodologia per l'individuazione di criteri operativi di intervento semplici, economici e replicabili per la riduzione della vulnerabilità sismica degli aggregati edilizi storici.
- Dispositivi antisismici per la tutela delle opere d'arte contenute negli edifici e il loro trasporto.

4. Metodologie innovative e smart materials

- Metodologia riproducibile su vasta scala con dati telerilevati integrati con dati cartografici e statistici per la valutazione delle aree danneggiate e una corretta gestione delle attività di soccorso.
- Modelli informativi 3D per l'acquisizione, organizzazione e visualizzazione dei dati necessari alla valutazione del comportamento strutturale di un bene architettonico.– Modelli e soluzioni innovative per la protezione delle murature storiche attraverso l'utilizzo di nuovi materiali e il monitoraggio della loro resistenza nel tempo.
- Metodologia preventiva di valutazione della stabilità strutturale e dello stato di conservazione del legno sia come materiale strutturale che come materiale di arredo.
- Metodologia per l'individuazione dei materiali più idonei al trattamento di manufatti metallici e lapidei artificiali (malte, cementi) e il miglioramento/mantenimento delle loro proprietà.
- Prove sperimentali e modelli numerici per la progettazione di interventi di rinforzo innovativi Textile Reinforced Mortar (TRM) per il miglioramento sismico del costruito storico.

5. Test di verifica

- Metodologia d'indagine finalizzata alla realizzazione di pareti murarie – da sottoporre a test sperimentali – che riproducano condizioni ricorrenti, in termini di geometria, tessitura muraria e composizione della malta, dell'edilizia storica colpita dal terremoto.
- Test su tavola vibrante per simulare il comportamento sismico delle strutture storiche e valutare l'efficacia degli interventi e delle tecnologie di recupero e miglioramento sismico.

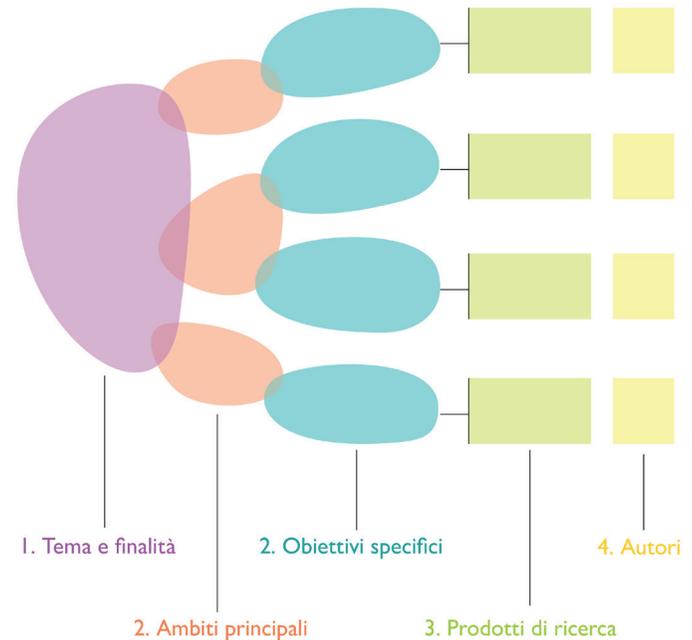
6. Monitoraggio strutturale sostenibile

- Test e tecniche di misurazione per valutare l'efficacia di nuovi sensori a basso costo e di facile installazione per il monitoraggio dinamico delle vibrazioni indotte sull'opera.
- Test e tecniche per la realizzazione e caratterizzazione quasi-statica e dinamica di nuovi sensori di deformazione a base grafene per il monitoraggio strutturale.

Guida alla lettura

La ricerca Sismi, fin dal suo inizio organizzata in 6 Work package e numerosi task, in questo libro è stata sinteticamente ricondotta alle sei parti (corrispondenti ai WP) e ai saggi che illustrano i contributi dei vari gruppi di lavoro (corrispondenti, in linea generale, all'articolazione dei task).

Con l'intento di facilitare la lettura della ricerca, che risulta piuttosto complessa per il ricco mosaico di contributi disciplinari e di proposte,



5.
Struttura degli schemi di sintesi posti all'inizio di ogni parte.

all'inizio di ogni sezione, è presente uno schema di sintesi, una sorta di "navigatore" che a partire dalle finalità generali sintetizza gli obiettivi e i prodotti di ricerca visualizzando i contenuti dei saggi. Gli schemi sono concettualmente organizzati in 5 livelli. Nel primo livello è identificato il tema del capitolo e la sua finalità generale, nel secondo sono esplicitati gli ambiti di lavoro prevalenti, nel terzo sono illustrati gli obiettivi specifici di ogni gruppo di lavoro, nel quarto sono evidenziati i prodotti di ricerca di ogni gruppo di lavoro, nel quinto sono presentati gli autori dei contributi.

Bibliografia

- Bonomi A. (2018), *Arcipelago Italia: il margine che si fa centro*, in M. Cucinella (a cura di), *Arcipelago Italia. Progetti per il futuro dei territori interni del Paese*, MIBACT, La Biennale di Venezia, Quodlibet, Macerata.
- Caravaggi L. (a cura di) (2014), *La montagna resiliente. Sicurezza, coesione e vitalità nella ricostruzione dei territori abruzzesi*, Quodlibet, Macerata 2014.
- Caravaggi L. (a cura di) (2010), *Ricostruzione di territori. Progetti a supporto dei comuni di Ovindoli, Rocca di Mezzo, Rocca di Cambio e Lucoli nella provincia di L'Aquila*, Alinea, Firenze.
- Caravaggi L., Carpenzano O., Fioritto A., Imbroglini C., Sorrentino L. (2013), *Ricostruzione e governo del rischio. Piani di Ricostruzione post-sisma dei Comuni di Lucoli, Ovindoli, Rocca di Cambio e Rocca di Mezzo (L'Aquila)*, Quodlibet, Macerata.
- Corrado F., Dematteis G. (2016), *Riabitare la Terra*, "Scienze del Territorio", 42, 16.
- Cucinella M. (2018), *Arcipelago Italia. Progetti per il futuro dei territori interni del Paese*, in M. Cucinella (a cura di), *Arcipelago Italia. Progetti per il futuro dei territori interni del Paese*, MIBACT, La Biennale di Venezia, Quodlibet, Macerata.
- Dematteis G. (2013), *Montagne e aree interne nelle politiche di coesione territoriale italiane ed europee*, "Territorio", 66.
- De Rossi A. (2018), *Riabitare l'Italia. Le aree interne tra abbandoni e riconquiste*, Donzelli, Roma.
- UNESCO – Division of Philosophy and Ethics, 1998.
- Comitato tecnico per le aree interne (2018), *Relazione annuale sulla Strategia Nazionale per le Aree Interne*, Presentata al Cipe dal Ministro per la Coesione Territoriale e il Mezzogiorno Claudio De Vincenti.