

Saggi. Natura e artefatto



GEOGRAFIE DEL RISCHIO

Nuovi paradigmi per il governo del territorio

a cura di Adriana Galderisi, Matteo di Venosa,
Giuseppe Fera e Scira Menoni

DONZELLI EDITORE

Il volume è stato pubblicato con il contributo
della Società Italiana degli Urbanisti
e dei seguenti Dipartimenti Universitari:
Dipartimento di Architettura, Università degli Studi G. D'Annunzio - Chieti-Pescara;
Dipartimento di Architettura, Ingegneria delle Costruzioni e Ambiente Costruito
e Dipartimento di Architettura e Studi Urbani
(Progetto Dipartimento di Eccellenza «Fragilità territoriali»), Politecnico di Milano;
Dipartimento di Architettura e Disegno Industriale,
Università della Campania Luigi Vanvitelli;
Dipartimento di Architettura e Territorio, Università Mediterranea di Reggio Calabria.

© 2020 Donzelli editore, Roma
via Mentana 2b
INTERNET www.donzelli.it
E-MAIL editore@donzelli.it

ISBN 978-88-5522-002-6

GEOGRAFIE DEL RISCHIO

Indice

p. Prefazione
di Maurizio Tira

Introduzione
di Adriana Galderisi

Parte prima
Conoscenza e riduzione dei rischi ambientali: il contributo
della ricerca urbanistica

I. Quali innovazioni per un governo del territorio orientato
alla riduzione dei rischi?
di Adriana Galderisi

II. La ricerca europea per la conoscenza e la mitigazione,
in chiave urbanistica, dei rischi
di Scira Menoni e Anna Faiella

III. Analisi LiDar e Sar per la valutazione del danno post-sisma:
il caso di Amatrice
di Lucia Saganeiti, Federico Amato e Beniamino Murgante

IV. Il metabolismo del rischio
di Michelangelo Russo e Anna Attademo

Parte seconda
I processi di ricostruzione post-evento tra ricerca e pratica:
un focus sul cratere sismico del Centro Italia

I. Pianificare in contesti di crisi. Il tempo materiale del progetto
di Matteo di Venosa

II. Nel cratere. Riflessioni sul sisma 2016 in Italia centrale

Geografie del rischio

di Maria Chiara Pastore

III. Progettare nel post-sisma: la sfida della qualità del progetto
di Emilia Corradi

IV. Pianificare la ricostruzione post-sisma. Temi di ricerca
di Matteo di Venosa

v. La gestione della ricostruzione tra quotidianità
e progetto di resilienza sociale
di Salvo Provenzano e Alessio Proietti

Parte Terza

Transizioni: dalle logiche settoriali ed emergenziali a una gestione integrata dei rischi nei processi di governo del territorio

I. Imparare dai terremoti del nostro recente passato per gestire il futuro: un dialogo con Vincenzo Petrini
di Maria Pia Boni

II. Un approccio integrato per la mitigazione dei rischi
di Giuseppe Fera

III. La gestione dei rischi: settorialità e logiche emergenziali versus integrazione e nuove visioni di futuro
di Giuseppe Fera

Parte Quarta

Lavori in corso: un atlante delle riflessioni,
delle ricerche e delle pratiche

I. Verso un approccio quantitativo a supporto dei processi di pianificazione costiera climate proof
di Filippo Magni e G. Magnabosco

II. La mappatura del rischio di periferizzazione a scala urbana e metropolitana.
di Roberto Gerundo e Alessandra Marra

III. Rischio liquido. Pianificare il periurbano tra paesaggi dello scarto e flussi di rifiuti

Indice

di Giuseppe Guida

IV. La resilienza di imprese: un progetto multidisciplinare
per la prevenzione del rischio
di Giulia Setti

V. Conoscenza dei rischi e strumenti di governo del territorio
di Giada Limongi

VI. Pianificazione integrata delle aree costiere soggette
a rischio inondazione. Il caso olandese
di Carmela Mariano e Marsia Marino

VII. Indirizzi per l'attuazione di strategie di ridefinizione funzionale
in materia di riduzione del rischio naturale urbano
di Veronica Gazzola

VIII. Verso un modello per il controllo urbanistico dell'efficienza
insediativa
di Isidoro Fasolino, Francesca Coppola e Michele Grimaldi

IX. Tra cognizione e azione: il ruolo della percezione del rischio nelle
trasformazioni territoriali
di Valeria Monno e Daniela Frisullo

X. Vulnerabilità sismica e rigenerazione del patrimonio edilizio
di Claudia de Biase e Salvo Losco

XI. Building Back Better? La valutazione della qualità urbana percepita
come supporto alla progettazione della ricostruzione
di Mattia Bertin, Vittore Negretto, Sara Dannunzio, Francesco
Musco ed Edward Blakely

XII. Terremoto e centri storici. È possibile ricostruire un'identità?
di Stefano D'Avino

XIII. Dentro la ricostruzione aquilana. Gli effetti spaziali
di una pianificazione debole
di Grazia Di Giovanni e Alessandro Coppola

XIV. Rischi ambientali e territori resilienti: il caso della ricostruzione

a Ischia
di Enrico Formato e Michelangelo Russo

Conclusioni
di Scira Menoni

Gli autori



GEOGRAFIE DEL RISCHIO

Prefazione

di Maurizio Tira

Quando facciamo riferimento a realtà ideali, a modelli, ad archetipi con cui cerchiamo di descrivere al meglio le mutevoli realtà urbane che studiamo e che vorremmo poter orientare verso evoluzioni migliori, rischiamo spesso di non cogliere la complessità del reale.

Un caso tipico è costituito dalle aree urbane e dai territori in aree a rischio fisico, dove la schematizzazione statica dell'assetto presente e futuro si scontra con un modello evolutivo probabilistico e dinamico.

Conosciamo gli eventi principali che possiamo attendere con ragionevole probabilità, ma non riusciamo a riprodurre sulla carta, se non con successivi scenari, gli esiti di tali eventi.

Abbiamo così ridotto le zone sismiche ad aree dove ci si attende con una certa frequenza eventi superiori a una data intensità, oppure le zone esondabili a fasce disegnate in corrispondenza a determinate piogge attese e alla morfologia. Spesso non possiamo probabilmente fare di meglio ed è assolutamente da diffondere la cultura e la prassi della corretta evidenziazione delle zone a diverso grado di pericolosità. Così come va accresciuta la capacità di tradurre in azioni positive, e non solo in vincoli, le condizioni determinate dal pericolo al fine di ridurre il rischio. Così ancora come va «coscientizzata» la popolazione dei pericoli e del grado di prevedibilità degli eventi.

Il cambio di paradigma richiede però uno sforzo maggiore di traduzione urbanistica delle complesse regole che sottendono la fisicità dei fenomeni naturali e i principi dell'ecologia.

Come noto, anche l'urbanistica è pesantemente governata dai principi classici dell'economia, quali il principio di esclusione e di consumo individuale. Le città crescono grazie al valore aggiunto delle terre edificabili e al conseguente trasferimento agli enti pubblici di parte di questo plusvalore. Quindi crescono con una dinamica intrinsecamente legata alla proprietà privata del bene suolo, dinamica governata da logiche di determinazione del massimo beneficio per il consumatore e per

Alessandra Criconia

il produttore. È una dinamica economica ineludibile, che sottende lo sviluppo urbano, ma che si deve coniugare – in maniera ancora non sufficientemente nota – con la regola basilare dell'ecologia, che è quella dell'equilibrio. Ecco perché le città sono luogo emblematico di applicazione della sostenibilità e di confronto tra economia ed ecologia.

Abbiamo bisogno di ridefinire i confini tra proprietà privata, mercato e rischi, con gli effetti economici che questi determinano e la domanda di nuovi modelli perequativi.

Solo un governo pubblico può risolvere questo problema, ma sempre più un governo pubblico informato e formato alla scuola della sostenibilità ambientale.

Nello specifico disciplinare è necessario indagare ancora gli aspetti dell'interazione tra elementi fisici e strutture urbane, e quelli legati alle regole di organizzazione urbanistica che imponiamo a un sistema complesso.

Da un lato infatti ci sfuggono, per esempio, sia la comprensione del meccanismo di propagazione delle onde sismiche, che la risposta localmente diversissima dei terreni. La micro normazione non è coerente con la micro zonazione del pericolo, peraltro spesso assente o carente.

Dall'altro non sappiamo (o non vogliamo) dare agli schemi di regolazione urbanistica quei criteri di soluzione dei problemi che costituiscono appunto il cambio di paradigma. La normativa è eccessivamente rigida per alcuni versi, ad esempio nell'impedire o limitare destinazioni d'uso temporanee, e facilmente eludibile per altri, ad esempio nella catena di applicazione dei vincoli legati alle condizioni di pericolo.

È necessario che definiamo un campo di variabilità delle destinazioni d'uso che possa, ancora una volta, svincolandosi dai meri meccanismi di formazione dei prezzi, far fronte con rapidità alle esigenze derivanti dai fenomeni rari. Nel contempo si deve con coraggio porre mano alla gerarchia dei vincoli e alla semplificazione della catena applicativa, per renderli finalmente ineludibili.

In altri termini, forzando un po' il ragionamento, ci è chiesto di determinare lo spettro di risposta del territorio all'input esterno. Ciò significa misurare il contributo e l'effetto delle azioni impattanti (tante e diverse se si pensa, per esempio, alla concatenazione di eventi disastrosi, sisma/frana, riscaldamento/incendio, alluvione/contaminazione ecc.) sulle diverse componenti dei sistemi urbani e decodificare la risposta di ognuna di esse ai vari input.

I contenuti del prezioso volume riguardano anche questioni più recenti, legate ai nuovi eventi connessi al riscaldamento globale, i quali

Introduzione

disegneranno scenari ancora una volta inediti e complessi, leganti la relazione tra uomo e ambiente non soltanto a un agire nel breve periodo, qui e ora, ma anche a un fenomeno di causa diffusa ed effetto ritardato e concentrato, geograficamente delocalizzato rispetto al prodursi del fenomeno.

Se siamo stati abituati a considerare gli eventi atmosferici alla stregua di quelli geofisici, ovvero quali squisitamente naturali, dove l'azione umana poteva solo mitigare il rischio intervenendo su vulnerabilità ed esposizione, oggi dobbiamo considerare agenti sulla pericolosità tutte quelle azioni che hanno contribuito e contribuiranno alla modifica del contenuto di CO₂ in atmosfera e al conseguente surriscaldamento del pianeta.

Il terreno della pianificazione in aree a rischio fisico è un terreno elettivo di conoscenza territoriale, di fenomeni sociali, di connessioni tra economia ed ecologia e il volume ha il merito e il pregio di restituire, ancora una volta, una tematica centrale nella disciplina urbanistica allo studio e alla conoscenza dei più giovani, di risollevarne la questione della rilevanza sociale della nostra comunità scientifica, di riaffermare il bisogno di interdisciplinarietà tra saperi tecnici e umanistici, di ricollocare le competenze di ingegneri, architetti e pianificatori nella prospettiva unica della costruzione della città e dell'assetto del territorio.

Un grazie ai curatori del volume, Adriana Galderisi, Matteo di Venosa, Giuseppe Fera e Scira Menoni e a tutti gli autori dei numerosi contributi. Che questo sforzo di ricerca e di divulgazione dei suoi risultati possa essere non vano per la definizione di una coscienza collettiva, possa rafforzare la riflessione disciplinare, mai interrotta, contribuisca a costruire la capacità di traduzione della scienza in norma (poca e chiara) e delinei una visione di civiltà nella capacità di impegnarsi per il futuro dei propri figli, in un paese che stenta a trovare conforto al di fuori della conservazione (peraltro inefficiente) di un glorioso passato.

Geografie del rischio



GEOGRAFIE DEL RISCHIO

Introduzione

di Adriana Galderisi

1. *Per una metamorfosi dell'agire urbanistico.*

Questo libro è frutto di un lavoro di coordinamento, promosso da studiosi afferenti a diverse sedi universitarie e sostenuto dalla Società italiana degli urbanisti (Siu), con l'obiettivo di avviare un approfondimento disciplinare su un tema, quello della riduzione dei rischi naturali e antropici, oggi individuato quale obiettivo prioritario di uno sviluppo del territorio improntato a criteri di sostenibilità¹.

Il titolo di questo volume, *Geografie del rischio. Nuovi paradigmi per il governo del territorio*, trae spunto da alcune riflessioni del sociologo tedesco Ulrich Beck, scomparso nel 2015. Nel suo ultimo libro pubblicato postumo, Beck (2017) sottolineava, da un lato, il ruolo dei rischi, in particolare di quelli connessi al cambiamento climatico, quali «agenti di metamorfosi», in grado di delineare nuove «geografie», le cui linee fondamentali, travalicando i tradizionali confini amministrativi, sono tracciate dalle caratteristiche di pericolosità dei territori, dalle loro vulnerabilità e dalle diverse percezioni e capacità di risposta delle collettività e dei decisori locali; dall'altro, l'improrogabile necessità di una «metamorfosi della pratica e dell'agire», intesa quale radicale cambio di paradigma in grado di spezzare la routine con cui, da sempre, sono stati affrontati alcuni problemi, in particolare quelli connessi alla difficile relazione tra «uomo» e «ambiente».

¹ Il volume raccoglie i contributi presentati e discussi nel Siu Seminar *Geografie del rischio. Nuovi paradigmi per il governo del territorio*, tenutosi presso il Dipartimento di Architettura e Disegno Industriale dell'Università della Campania Luigi Vanvitelli il 20 marzo 2019. Il Siu Seminar, che ha inteso promuovere la costituzione di un network di studiosi interessati ad approfondire in chiave urbanistica i temi della conoscenza e della prevenzione dei rischi, della gestione delle emergenze e della ricostruzione post-evento, è nato dalla collaborazione tra il Dipartimento di Architettura e Disegno Industriale dell'Università della Campania Luigi Vanvitelli; il Dipartimento di Architettura dell'Università degli Studi G. D'Annunzio di Chieti-Pescara; il Dipartimento di Architettura e Territorio dell'Università Mediterranea di Reggio Calabria e il Dipartimento di Architettura e Studi Urbani del Politecnico di Milano. Sia il Seminario che il presente volume sono esito di un lavoro di coordinamento scientifico e cura editoriale che è stato svolto, oltre che da chi scrive, da Matteo di Venosa, Giuseppe Fera e Scira Menoni.

Adriana Galderisi

Una metamorfosi dell'agire dunque che, con riferimento allo specifico disciplinare dell'urbanistica, implica una sostanziale revisione sia dei nostri apparati conoscitivi – con l'introduzione di nuovi modi di descrivere il territorio, più attenti alle complesse interazioni tra dinamiche naturali e dinamiche antropiche che determinano le caratteristiche di vulnerabilità e di resilienza dei territori oggetto di indagine – sia dell'attuale mosaico di strumenti settoriali cui è affidata la gestione dei rischi, ponendo la sicurezza del territorio quale obiettivo cardine delle scelte di pianificazione alle diverse scale.

Tale metamorfosi assume particolare urgenza in un contesto come quello italiano caratterizzato da articolate e sempre più mutevoli geografie del rischio: da quelle delineate dai tradizionali fattori di pericolosità – sismica, vulcanica, idrogeologica – a quelle indotte dai fenomeni di degrado dell'ambiente naturale e dalla diversificata distribuzione degli impatti del cambiamento climatico. Le nuove geografie del rischio richiedono un adattamento e una riorganizzazione non soltanto delle grandi aree urbane – dove la concentrazione di popolazione, attività e *assets* strategici determina elevati livelli di esposizione e vulnerabilità ai molteplici e spesso interconnessi fattori di pericolosità – ma anche dei territori interni, dove il complesso intreccio tra fattori di pericolosità e fragilità intrinseche (marginalità geografica ed economica, processi di spopolamento e invecchiamento della popolazione ecc.) delinea nuovi paesaggi di disuguaglianza e nuovi squilibri che ne minacciano, in molti casi, lo stesso «valore di esistenza», ovvero la possibile fruizione da parte delle generazioni future (Magnaghi 2015).

Oggi, pur a fronte di un crescente bagaglio di conoscenze relative alle diverse componenti del rischio, le attività di prevenzione e mitigazione sono ancora limitate e prevalentemente demandate a misure strutturali: il costante ripetersi di eventi disastrosi in diverse aree del paese rivela con chiarezza l'inadeguatezza degli approcci e degli strumenti fin qui messi in campo.

In una presentazione del febbraio 2019 all'Accademia dei Lincei, dal significativo titolo *Italia fragile*, il geologo dell'Istituto nazionale di geofisica e vulcanologia Carlo Doglioni sottolineava, ancora una volta, la necessità per il nostro paese di decidere se continuare ad avere un approccio «fatalista» ai rischi o se avviare un cammino di consapevolezza, promuovendo la diffusione di una più approfondita conoscenza dei fenomeni naturali già nelle scuole, e di una nuova cultura del rischio, frutto di una «memoria» collettiva degli eventi passati, e in grado di riconoscere i rischi non come un problema settoriale, da affidare a tecnici esperti, o quale emergenza da affrontare a seguito di un evento calamita-

Introduzione

tosio, bensì come una «costante» con cui confrontarsi sia nella formazione di quanti sono chiamati a operare sul territorio, sia nella costruzione di piani e progetti per i territori.

Una radicale metamorfosi dell'agire urbanistico potrebbe fornire un contributo determinante all'avvio di questo cammino di consapevolezza: come è stato sottolineato anche dai più recenti documenti internazionali sullo sviluppo sostenibile, infatti, la riduzione dei rischi rappresenta una priorità per il conseguimento di obiettivi di sostenibilità (United Nations 2012; 2015a) e la pianificazione urbanistica riveste un ruolo chiave nell'accrescere o ridurre le vulnerabilità dei territori esposti.

2. *Obiettivi e temi.*

In linea con gli obiettivi della Siu, che si propone di agire contestualmente nei campi della ricerca urbanistica, della formazione e delle pratiche professionali, questo volume persegue tre obiettivi fondamentali.

Il primo è quello di dare spazio a una riflessione disciplinare su un tema, quello dei rischi, troppo a lungo affrontato in chiave settoriale o con logiche emergenziali, che solo di recente la cultura urbanistica ha cominciato a riconoscere come un fattore insito nelle dinamiche territoriali di cui tener conto per ripensare modi e forme sia della conoscenza urbanistica sia del governo del territorio alle diverse scale.

Il secondo, altrettanto essenziale, è riferibile all'opportunità di fornire materiali di riflessione e di studio in grado di contribuire alla formazione di futuri architetti e pianificatori su temi che ancora trovano uno spazio limitato nei tradizionali programmi di insegnamento della disciplina urbanistica.

Il terzo è quello di aprire uno spazio di confronto tra accademia, attori istituzionali, e mondo delle professioni, per migliorare la non semplice interfaccia tra avanzamento scientifico, processi decisionali e pratiche urbanistiche.

Molti studiosi nel corso dell'ultimo decennio hanno messo in luce il persistente gap tra progressi scientifici relativi alla conoscenza e alla riduzione dei rischi e l'effettiva traduzione dei risultati della ricerca in politiche, programmi, strumenti di piano: un gap che è alla base del paradosso, purtroppo ancora attuale, evidenziato da White e altri (2001) con l'efficace espressione «knowing better and losing even more». Per colmare tale gap, è oggi largamente condivisa l'idea che sia opportuno andare oltre il semplice trasferimento delle conoscenze, per dare spazio

Adriana Galderisi

a una produzione condivisa di conoscenza, esito di una costante collaborazione tra mondo accademico, decisori e professionisti e in grado di generare conoscenze scientifiche tarate sulle necessità di contesto ed effettivamente utilizzabili nella pratica.

In riferimento agli obiettivi del volume, i contributi raccolti sono articolati in quattro sezioni tematiche. La prima, *Conoscenza e riduzione dei rischi ambientali: il contributo della ricerca urbanistica*, fa luce sulle principali innovazioni che la ricerca scientifica, sviluppata in ambito nazionale ed europeo, in questi ultimi anni ha messo a punto sia per garantire una maggiore conoscenza dei rischi sia per contribuire a una loro riduzione, anche attraverso una più efficace integrazione di tali conoscenze nei processi di governo delle trasformazioni urbane e territoriali.

La seconda, *I processi di ricostruzione post-evento tra ricerca e pratica: un focus sul cratere sismico del Centro Italia*, sposta il focus dal pre-evento al post-evento, dalla riduzione preventiva dei rischi all'applicazione del principio «Build Back Better» introdotto nel 2015 dalla Sendai Framework (United Nations 2015b). In particolare, il tema della ricostruzione post-evento viene affrontato con riferimento a un contesto complesso, quello del cratere sismico del Centro Italia, con il duplice obiettivo di comprendere l'apporto fornito da ricercatori e studiosi al difficile processo della ricostruzione e di riflettere su difficoltà ed esiti dell'attività quotidiana svolta dai soggetti istituzionali cui è demandata la complessa opera di ricostruzione del tessuto fisico, economico e sociale dei territori colpiti.

La terza, *Transizioni: dalle logiche settoriali ed emergenziali a una gestione integrata dei rischi nei processi di governo del territorio*, affronta, anche attraverso interviste ad accademici, rappresentanti del mondo delle professioni e delle istituzioni, il tema della transizione da approcci e pratiche, purtroppo ancora prevalenti, improntati a logiche emergenziali e settoriali, a nuove modalità di gestione dei rischi, basate su una più efficace integrazione della prevenzione e mitigazione dei rischi nei processi di governo del territorio alle diverse scale.

La quarta, *Lavori in corso: un atlante delle riflessioni, delle ricerche e delle pratiche*, raccoglie sia contributi di carattere teorico-metodologico che riflessioni su esperienze in corso declinati in relazione a tre ambiti tematici: il primo, *Vulnerabilità e resilienza: nuove descrizioni del territorio*, esplora le modificazioni e le innovazioni che la recente attenzione ai temi del rischio sta determinando nel tradizionale bagaglio di analisi territoriali proprie della disciplina urbanistica; il secondo, *Ripensare il progetto di città e territori per la prevenzione e mitigazione dei rischi*, delinea approcci, criteri e strumenti da mettere in campo per

 Introduzione

riorientare piani e progetti urbanistici verso obiettivi di riduzione dei rischi; il terzo *Ricostruzione post-evento: dalla ricostruzione fisica alla rigenerazione socioeconomica ed ecologico-ambientale dei territori colpiti*, propone esperienze di ricostruzione improntate al principio del «Build Back Better» e mirate a coniugare la ricostruzione fisica ai più ampi obiettivi della rigenerazione urbana.

I numerosi contributi raccolti in questo volume forniscono, dunque, una panoramica ampia e diversificata delle innovazioni che la ricerca urbanistica ha prodotto e delle questioni ancora aperte lungo il non certo agevole percorso volto a ridefinire metodi, tecniche e strumenti propri della pianificazione e della progettazione urbanistica per renderli più adeguati a offrire risposte concrete alla domanda di resilienza che, con sempre maggiore urgenza, emerge sia dalle comunità insediate che dagli attori istituzionali a differenti livelli.

Riferimenti bibliografici

- Beck, U. 2017
Le metamorfosi del mondo, Laterza, Roma-Bari.
- Magnaghi, A. 2015
Relazione Generale - Piano Paesaggistico Territoriale Regione Puglia, http://paesaggio.regione.puglia.it/PPTR_2015/1_Relazione%20Generale/01_Relazione%20Generale.pdf.
- United Nations 2012i
The Future We Want. Outcome Document of the United Nations Conference on Sustainable Development, <https://sustainabledevelopment.un.org/content/documents/733FutureWeWant.pdf>.
- United Nations 2015a
Transforming Our World. The 2030 Agenda for Sustainable Development, <https://sustainabledevelopment.un.org/post2015/transformingourworld/publication>.
- United Nations 2015b
Sendai Framework for Disaster Risk Reduction 2015-2030. https://www.unisdr.org/files/43291_sendaiframeworkfordrren.pdf.
- White, G. F., Kates, R. W., Burton, I. 2001
Knowing Better and Losing Even More: The Use of Knowledge in Hazards Management, in «Global Environmental Change Part B: Environmental Hazards», 3, 3-4, pp. 81-92.

III. Analisi LiDar e Sar per la valutazione del danno post-sisma: il caso di Amatrice

di Lucia Saganeiti, Federico Amato e Beniamino Murgante

1. *Introduzione.*

Il rischio è definito come la probabilità che si verifichi un evento dannoso di natura incerta, prodotto da cause naturali o antropiche. Tra i rischi naturali, in questo saggio si analizzeranno i fattori derivanti da quelli sismici. L'attenzione al tema del rischio sismico in Italia è di fondamentale importanza data l'elevata sismicità dell'intero territorio nazionale. Nonostante la presenza di norme antisismiche, piani di emergenza e strumenti di monitoraggio del territorio, l'Italia non è ancora efficacemente preparata al verificarsi di terremoti che vengono sempre affrontati in piena emergenza.

La gestione delle situazioni di emergenza richiede un'efficace pianificazione che può essere strutturata all'interno di un modello ciclico definito dalle seguenti fasi: allerta precoce, evento disastroso, primo impatto, recupero, attenuazione e preparazione (Fao 2011; Las Casas - Scorza 2016; Amato e altri 2016; Amato e altri 2017). Da questo modello ciclico deriva la necessità di porre una costante attenzione sul tema del rischio sismico, continua nel tempo a prescindere dall'accadimento o meno dell'evento stesso.

L'analisi territoriale e la modellazione geografica possono avere un ruolo di assoluta importanza nella gestione degli eventi pre e post-sisma, attraverso l'applicazione di metodologie conosciute e ampiamente validate (Scardaccione e altri 2010; Morano - Tajani 2018; Nejat 2017; Un-Habitat 2015).

La diffusione di nuove tecniche di telerilevamento e la crescente disponibilità di dati satellitari gratuiti, sta contribuendo allo sviluppo di metodologie efficaci a supporto del monitoraggio e della gestione dei rischi derivanti da catastrofi, valutando il livello dei danni nella fase immediatamente successiva all'evento (Goetz e altri 1985; Boonmee, Arimura, Asada 2017; Joyce e altri 2009).

Lucia Saganeiti, Federico Amato e Beniamino Murgante

Il caso studio riguarda il comune di Amatrice, interessato dallo sciame sismico che ha colpito il Centro Italia dall'agosto del 2016. Tramite l'interferometria differenziale ottenuta dal data-set Sar si valuteranno gli spostamenti del terreno, su larga scala, in seguito all'evento sismico del 24 agosto 2016, mentre con il data-set LiDar, si realizzerà una *change detection* a scala urbana con la *triple change mask* per individuare i danni subiti dai singoli edifici.

2. Caso studio: il centro abitato di Amatrice.

Amatrice è un comune italiano della provincia di Rieti situato nella Regione Lazio. Secondo la classificazione sismica del territorio nazionale, ricade nella zona 1¹ dove altissima è la probabilità che si verifichino forti terremoti. Questo territorio è stato interessato, nel corso della storia, da numerosi eventi sismici tra cui il più forte terremoto locale di cui si è a conoscenza risalente al 1639 (9-10 Mcs, Mw 6.2) (Castelli e altri 2002), che devastò il centro urbano di Amatrice e le località circostanti con caratteristiche simili a quello verificatosi il 24 agosto 2016.

Il terremoto del 24 agosto 2016 è stato la conseguenza di uno sciame sismico persistente da diversi giorni con scosse di varie entità. Il sisma con epicentro nell'area appenninica compresa tra i monti della Laga e i monti Sibillini, ha registrato una magnitudo di 6.2 e ha distrutto completamente il centro storico di Amatrice (Michele e altri 2016; Quest e altri 2016).

3. Valutazione dei danni post-sisma attraverso l'interferometria differenziale e la *change detection* data-set.

Il data-set Sar è stato scaricato gratuitamente dalla piattaforma Copernicus² e comprende le immagini Top-Sar acquisite dai satelliti Sentinel 1A e 1B. Le immagini utilizzate in questa elaborazione sono state scelte considerando diverse caratteristiche:

- tipologia di prodotto Single Look Complex (Slc) la cui principale caratteristica è la messa a fuoco Sar e la georeferenziazione mediante i dati di percorso orbitale e la geometria *slant-range*. *Slant-range* è l'os-

¹ Italian parliament 2001, Testo unico per l'edilizia, d.p.r. 380 del 6 giugno 2001 e successiva modifica e integrazione Testo unico delle disposizioni legislative e regolamentari in materia edilizia.

² <https://Scihub.Copernicus.Eu/Dhus/#/Home>.

Analisi LiDar e Sar per la valutazione del danno post-sisma

servazione dell'effettiva distanza tra il segnale radar e il satellite definita come la linea di vista tra il radar e ogni oggetto riflettente;

– polarizzazione Vv: dal momento che i dati saranno utilizzati per la creazione di un interferogramma è consigliabile utilizzare una polarizzazione omogenea di tipo Vv o Vh;

– modalità di acquisizione del sensore: Interferometric Wide Swath (Iw). È la principale modalità di acquisizione di dati della terraferma con un'andana di 250 km (larghezza di scansione) e una risoluzione spaziale da 5 a 20 m;

– numero di orbita: 22;

– direzione di passaggio: discendente.

I dati LiDar sono dati proprietari. Per quanto riguarda la situazione pre-sisma, si sono utilizzati quelli dell'indagine LiDar condotta nel 2008 dal Mattm³ per il monitoraggio delle aste fluviali. Questi, possono essere consultati sul geoportale nazionale⁴ mediante i servizi Wmse, scaricati attraverso specifica richiesta.

I dati del post-sisma derivano dai rilievi condotti il 24 agosto 2016 dalla protezione civile del Friuli Venezia Giulia, forniti a seguito di specifica richiesta e utilizzabili ai soli fini di ricerca. In entrambi i casi è stata fornita la nuvola di punti in formato *.xyz*, *.las* e *.laz* con risoluzione dei punti a terra di 1x1 m.

Interferometria differenziale

La tecnica dell'interferometria differenziale permette di misurare gli spostamenti del terreno, lungo la Line of Sight (Los), dovuti a eventi sismici, frane o altri movimenti tettonici, con un'accuratezza dell'ordine del centimetro (Lasaponara e altri 2017). Requisito fondamentale per la costruzione dell'interferogramma è la disponibilità di almeno due immagini Sar acquisite in tempi diversi e con il minimo intervallo possibile. Nel caso specifico si sono utilizzate le immagini Sentinel 1A del 22 agosto 2016 (pre-sisma) e Sentinel 1B del 27 agosto 2016 (post-sisma).

Per l'elaborazione delle immagini Sar si è utilizzata la piattaforma Sentinel Application Platform (Snap 5.0) distribuita con licenza *open* dall'Esa. Le fasi necessarie per l'elaborazione dell'interferogramma sono le seguenti: *co-registration* delle immagini provenienti dallo stesso *sub-swath* mediante la loro orbita e un modello di elevazione digitale (Dem); creazione dell'interferogramma (Prati e altri 1990; Gabriel,

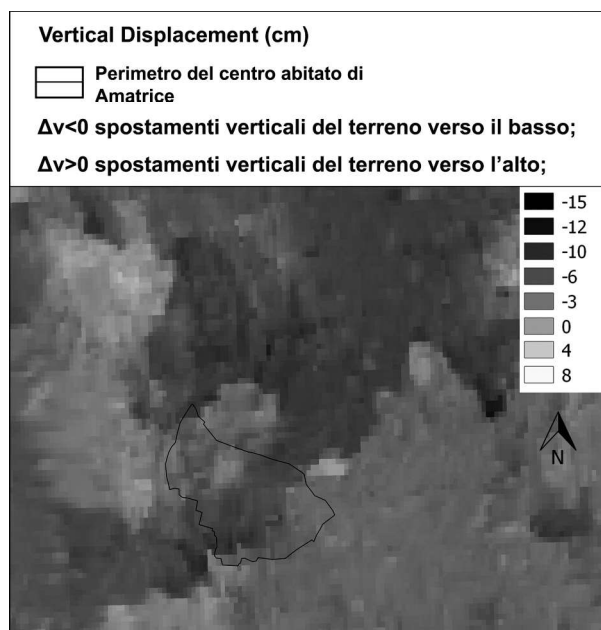
³ Ministry of the Environment and the Protection of the Territory and Sea (Mattm) 2008, Extraordinary Environmental Remote Surveillance Plan (Pst-A) and Of Its Extension (Pst-A Extension 2008).

⁴ Geoportale nazionale 2017, www.Pcn.Minambiente.It/Mattm/.

Lucia Saganeiti, Federico Amato e Beniamino Murgante

Goldstein, Zebker 1989); rimozione della fase topografica mediante la rimozione del Dem dall'interferogramma; applicazione di filtri per correggere eventuali errori e migliorare l'accuratezza del *phase unwrapping* (Zebker - Goldstein 1986); *phase unwrapping* (letteralmente «srotolamento di fase») per definire la correlazione tra fase interferometrica e fase topografica (Derauw - Orban 2004; Small - Schubert 2008); trasformazione della componente obliqua della Los, ottenuta dalla *phase unwrapped*, in componente verticale ossia il *vertical displacement* (Ferretti e altri 2007).

La Figura 1 mostra il *vertical displacement* ottenuto dall'elaborazione delle immagini. Tra il 22 e il 27 agosto, nel comune di Amatrice sono stati misurati spostamenti tra 0,25 e 10 cm. Gli spostamenti registrati nel centro storico di Amatrice sono negativi e corrispondenti, quindi, a un fenomeno di abbassamento del terreno lungo la direzione verticale ($\Delta v \geq 6$ centimetri). Ciò ha influito negativamente sulla stabilità strutturale degli edifici. I possibili esiti di questi spostamenti verticali sono legati alla natura intrinseca del suolo e alle fisionomie costruttive degli



1. Vertical Displacement nel territorio di Amatrice, il centro storico del comune è perimetrato con una linea nera.

Analisi LiDar e Sar per la valutazione del danno post-sisma

edifici, alla loro età, ai materiali utilizzati per la loro costruzione e a eventuali interventi di adattamento strutturale o sismico su di essi.

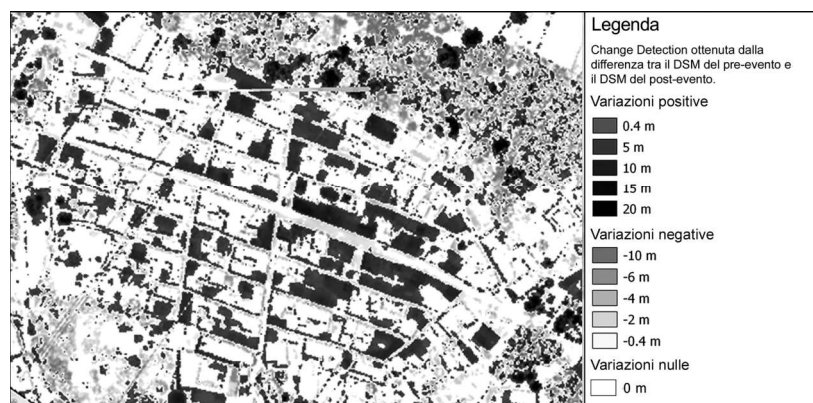
Change detection - Triple change mask

Il data-set LiDar è stato utilizzato per sviluppare modelli digitali della superficie (Dsm) a partire da una nuvola di punti. Caratteristica principale di questo modello 3d è quella di contenere informazioni sulle coordinate (X, Y e Z) di ogni punto della superficie rilevata.

Generalmente la nuvola di punti può essere organizzata in tre diverse strutture di dati: Grid, Tin e Contour Lines (Qin, Tian, Reinartz 2016). Nel caso proposto la nuvola di punti è stata organizzata secondo un Grid, dando luogo a una matrice raster in cui ogni punto è stato memorizzato con la sua dimensione relativa. Si sono quindi ottenuti due Dsm, quello pre-sisma dai dati LiDar del 2008 e uno post-sisma con i dati LiDar del 2016. Attraverso la differenza (*change detection*) (Singh 1989) dei due Dsm si è realizzata una *triple change mask* (Tian e altri 2010) che ha consentito di misurare le differenze di quota causate dal sisma.

Il risultato è un raster con pixel di 1×1 m (fig. 2) nel quale si è ipotizzato un range di errore compreso tra -0,4 e 0,4 m dovuto all'intervallo temporale tra i due rilievi (8 anni), alle diverse condizioni meteorologiche durante le due campagne di rilievo e all'errore intrinseco delle misurazioni.

In seguito a queste considerazioni, l'analisi della *triple change mask* ha evidenziato gli spostamenti delle superfici con valori positivi o negativi per ogni pixel.



2. Change detection-triple change mask del centro storico di Amatrice.

Lucia Saganeiti, Federico Amato e Beniamino Murgante

Nello specifico è stata fatta la seguente classificazione:

– variazioni positive: tutti i pixel il cui attributo di altitudine ha valore positivo ossia compreso tra 0,4 e 20 m. Nel caso specifico le variazioni positive individuano, sulla mappa, abbassamenti di quota e quindi si possono identificare crolli nel caso si stiano esaminando gli edifici;

– variazioni nulle: tutti i pixel il cui attributo di altitudine ha valore nullo o prossimo allo zero ossia compreso tra -0,4 e 0,4 m. Nel caso specifico le variazioni nulle individuano, sulla mappa, tutte le zone che non sono state soggette a variazioni di quota in seguito all'evento sismico;

– variazioni negative: tutti i pixel il cui attributo di altitudine ha valore negativo, ossia compreso tra -0,4 e -20m. Nel caso specifico le variazioni negative individuano, sulla mappa, aumenti di quota che permettono di identificare, nel caso si stiano esaminando le strade, la presenza di macerie in seguito a crolli.

Questa analisi permette di individuare immediatamente gli edifici del centro abitato che hanno subito crolli e le strade che risultano inaccessibili a causa di presenza di macerie o altro.

4. Conclusioni.

Riconoscendo che: 1) la migliore via per prevenire un terremoto resta indiscutibilmente la costruzione di edifici strutturalmente adeguati ad assorbire gli scuotimenti del terreno; 2) in una zona sismica si devono predisporre specifiche norme costruttive da far rispettare per nuove e vecchie costruzioni; 3) le vecchie costruzioni devono subire interventi strutturali atti a migliorare la loro risposta al sisma; 4) l'Italia è caratterizzata perlopiù da edificato a carattere storico, molto spesso vincolato. Risulta utile e necessario avere a disposizione una metodologia per il monitoraggio del territorio e il rilievo del danno da applicare in caso di evento sismico. La metodologia proposta non vuole essere esaustiva, ma solo un punto di partenza, uno spunto, dal quale trarre ulteriori considerazioni. Essa evidenzia, infatti, l'utilità delle tecnologie Sar e LiDar per il monitoraggio di aree sensibili a eventi naturali estremi, sia in periodo di non emergenza, che per le fasi post-emergenza.

Nel caso studio analizzato, l'interferometria differenziale si è mostrata un metodo efficace per effettuare una prima valutazione degli effetti di un evento sismico mentre la *change detection* un metodo immediato per rilevare lo stato di danneggiamento degli edifici nella fase successiva all'evento. Nelle ore immediatamente successive a un evento si-

Analisi LiDar e Sar per la valutazione del danno post-sisma

smico, infatti, sono necessari cartografie e mezzi di comunicazione aggiornati e i rilievi LiDar da drone costituiscono appunto, buone tecniche per questo scopo. Dalla *triple change mask*, infatti, si possono identificare rapidamente le priorità di intervento individuando con estrema precisione gli edifici crollati e le strade inaccessibili per la presenza di macerie.

Queste nuove conoscenze e competenze tecnico-scientifiche, nonché la sempre crescente accessibilità a data-set satellitari ad altissima risoluzione, dovrebbero contribuire a cambiare le strategie di *governance* territoriale mirando a un approccio pianificatorio sempre più sostenibile e resiliente.

Riferimenti bibliografici

- Amato, F., Martellozzo, F., Nolè, G., Murgante, B. 2017
Preserving Cultural Heritage by Supporting Landscape Planning with Quantitative Predictions of Soil Consumption, in «Journal of Cultural Heritage», 23, pp. 44-54.
- Amato, L., Dello Buono, D., Izzi, F., La Scaleia, G., Maio, D. 2016
Help - An Early Warning Dashboard System, Built for the Prevention, Mitigation and Assessment of Disasters, with a Flexible Approach Using Open Data and Open Source Technologies, IV Open Source Geospatial Research & Educational Symposium, Perugia.
- Boonmee, C., Arimura, M., Asada, T. 2017
Facility Location Optimization Model for Emergency Humanitarian Logistics, in «International Journal of Disaster Risk Reduction», 24, pp. 485-98.
- Castelli, V., Galadini, F., Galli, P., Molin, D., Stucchi, M. 2002
Caratteristiche sismogenetiche della sorgente della Laga e relazione con il terremoto del 1639, in *Gngts - Atti Del 21° Convegno Nazionale*, Roma, pp. 13-6.
- Derauw, D. - Orban, A. 2004
Baseline Combination for InSar Dem Atimetric Resolution Enhancement, European Space Agency, Special Publication.
- Fao 2011
The State of the World's Land and Water Resources for Food and Agriculture: Managing Systems at Risk, Earthscan, Abingdon.
- Ferretti, A., Monti-Guarnieri, A., Prati, C., Rocca, F. 2007
InSar Principles: Guidelines for Sar Interferometry Processing and Interpretation, Karen Fletcher, Noordwijk.
- Gabriel, A. K., Goldstein, R. M., Zebker, H. A. 1989
Mapping Small Elevation Changes over Large Areas: Differential Radar Interferometry, in «Journal of Geophysical Research», 94, B7, pp. 9183-91.

Lucia Saganeiti, Federico Amato e Beniamino Murgante

- Goetz, A. F., Vane, G., Solomon, J. E., Rock, B. N. 1985
Imaging Spectrometry for Earth Remote Sensing, in «Science», 228, 4704, pp. 1147-53.
- Joyce, K. E., Belliss, S. E., Samsonov, S. V., McNeill, S. J., Glassey, P. J. 2009
A Review of the Status of Satellite Remote Sensing and Image Processing Techniques for Mapping Natural Hazards and Disasters, in «Progress in Physical Geography», 33, 2, pp. 183-207.
- Lasaponara, R., Murgante, B., Elfadaly, A., Qelichi, M., Shahraki, S., Wafa, O., Attia, W. 2017
Spatial Open Data for Monitoring Risks and Preserving Archaeological Areas and Landscape: Case Studies at Kom El Shoqafa, Egypt and Shush, Iran, in «Sustainability», 9, 4, pp. 1-25.
- Las Casas, G. - Scorza, F. 2016
Sustainable Planning: A Methodological Toolkit, in *Lecture Notes in Computer Science*, a cura di O. Gervasi, B. Murgante, S. Misra, A. M. Alves Coutinho Rocha, C. Torre, D. Taniar, B. O. Apduhan, E. Stankova, S. Wang, Springer, Berlin, pp. 627-35.
- Michele, M., Di Stefano, R., Chiaraluce, L., Cattaneo, M., De Gori, P., Monachesi, G., Latorre, D. e altri 2016
The Amatrice 2016 Seismic Sequence: A Preliminary Look at the Mainshock and Aftershocks Distribution, in «Annals of Geophysics», 59, pp. 1-8.
- Morano, P. - Tajani, F. 2018
Saving Soil and Financial Feasibility. A Model to Support Public-Private Partnerships in the Regeneration of Abandoned Areas, in «Land Use Policy», 73, pp. 40-8.
- Nejat, A. 2017
Perceived Neighborhood Boundaries: A Missing Link in Modeling Post-Disaster Housing Recovery, in «International Journal of Disaster Risk Reduction», 28, pp. 225-36.
- Prati, C., Rocca, F., Guarnieri, A. M., Damonti, E. 1990
Seismic Migration for Sar Focusing: Interferometrical Applications, in «IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing», 28, 4, pp. 627-40.
- Qin, R., Tian, J., Reinartz, P. 2016
3d Change Detection - Approaches and Applications, in «ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing», 122, pp. 41-56.
- Quest, W. G., Azzaro, R., Tertulliani, A., Bernardini, F., Camassi, R., Del Mese, S., Ercolani, E. e altri 2016
The 24 August 2016 Amatrice Earthquake: Macroseismic Survey in the Damage Area and Ems Intensity Assessment, in «Annals of Geophysics», 59, 5, pp. 1-8.
- Scardaccione, G., Scorza, F., Las Casas, G., Murgante, B. 2010
Spatial Autocorrelation Analysis for the Evaluation of Migration Flows: The Italian Case, in *Lecture Notes in Computer Science*, a cura di D. Taniar, O. Gervasi, B. Murgante, E. Pardede, B. O. Apduhan, Heidelberg, Berlin, pp. 62-76.

Analisi LiDar e Sar per la valutazione del danno post-sisma

Singh, A. 1989

Review Article Digital Change Detection Techniques Using Remotely-Sensed Data, in «International Journal of Remote Sensing», 10, 6, pp. 989-1003.

Small, D. - Schubert, A. 2008

Guide to Asar Geocoding, Remote Sensing Laboratores, Zürich, pp. 1-36.

Tian, J., Chaabouni-Chouayakh, H., Reinartz, P., Krauss, T., d'Angelo, P. 2010

Automatic 3d Change Detection Based On Optical Satellite Stereo Imagery, in *Processing, Modeling and Analysis of Remotely Sensed Data, Isprs Technical Commission VII Symposium*, a cura di W. Wagner e B. Székely, Buchdruckerei, Vienna.

Un-Habitat 2015

International Guidelines on Urban and Territorial Planning. United Nations Human Settlements Programme 2015, Nairobi.

Zebker, H. A. - Goldstein, R. M. 1986

Topographic Mapping from Interferometric Synthetic Aperture Radar Observations, in «Journal of Geophysical Research», 91, B5, pp. 4993-99.