

# ANALISI DELLE CONDIZIONI DI RISCHIO CON VALUTAZIONI COMPARATE DEL DEGRADO E DEL DISSESTO. IL CASO STUDIO DI POMPEI.

**Roberto Cecchi<sup>1</sup>, Paolo Gasparoli<sup>2</sup>, Stefano Podestà<sup>3</sup>**

<sup>1</sup> Segretario Generale\_MiBAC.

<sup>2</sup> Dipartimento BEST, Politecnico di Milano.

<sup>3</sup> DICAT, Università degli Studi di Genova.

## ABSTRACT

*The paper defines a new method to obtain a real conservation of archaeological find. It is based on a multidisciplinary approach in order to take into account both the structural behaviour and the maintenance aspects. Only through the definition of a Maintenance Protocol (project) it is possible to guarantee a real protection of a archaeological rest. In the work a first application of the proposed methodology is shown regarding the Trebio Valente domus in Pompei.*

KEY-WORD: preventive conservation, maintenance, visual inspections, restoration.

## Premessa

Già lo scorso anno sono stati presentati a questo convegno, sul tema del “Pensare la prevenzione”, contributi<sup>1</sup> derivanti dalle esperienze in corso sulle aree archeologiche di Roma, attivate a seguito dell’Ordinanza P.C.M. del maggio 2009<sup>2</sup> per la “*realizzazione degli interventi urgenti necessari per il superamento della situazione di grave pericolo in atto nelle aree archeologiche di Roma e Ostia Antica*”.

Il processo che ha preso spunto dal Commissariamento ha già messo a disposizione una notevole mole di dati e di risultati<sup>3</sup>.

Essi sono l’esito di un ampio lavoro diretto principalmente alla stesura di *Linee Guida per la conservazione dei Beni Archeologici*<sup>4</sup>, frutto di un serrato confronto con archeologi<sup>5</sup>, strutturisti<sup>6</sup>, tecnologi<sup>7</sup> e funzionari ministeriali<sup>8</sup>, con i quali, il oltre due anni di lavoro, è stato sviluppato un dibattito articolato che è consistito essenzialmente nel ricercare linguaggi

e riferimenti metodologici, tecnici e culturali che fossero in grado di attraversare le rispettive discipline e competenze, con esiti che sono derivati dalla ibridazione dei saperi e da un approccio realmente sistemico e interdisciplinare.

Il lavoro che viene qui presentato è la prosecuzione e lo sviluppo del metodo messo a punto sul caso romano, questa volta applicato su alcune *domus* dell'area archeologica di Pompei.

L'innovazione, rispetto ai casi studio di Roma, sta nel fatto che è stata sviluppata un'analisi comparata della valutazione del rischio mettendo a sistema osservazioni sulle condizioni di degrado di materiali e componenti e osservazioni sulle condizioni statiche delle strutture murarie, tra loro strettamente correlate, producendo un unico Report diagnostico.

### ***Il caso di Pompei***

I crolli verificatisi nel novembre 2010 nell'area archeologica di Pompei sono dovuti solo in parte ai fenomeni meteorologici particolarmente insistenti da più parti lamentati, documentati anche dal raffronto dai dati pluviometrici dell'ultimo decennio<sup>9</sup>. Le cause che hanno provocato l'emergenza, infatti, vanno ricercate, in prima istanza, nella mancanza di una *sistematica* attività di *manutenzione* che ha generato le situazioni di evidente vulnerabilità dei siti a seguito delle progressive azioni degradanti dovute all'aggressione ambientale ed antropica connessa, in molti casi, ad interventi di restauro e consolidamento non congruenti con le strutture archeologiche.

A fronte di tutto ciò, anche il Consiglio Superiore per i beni culturali e paesaggistici ha affermato che “pur riconoscendo la gravità di tali episodi, è tuttavia necessario riportare tali eventi all'estensione delle aree archeologiche aperte al pubblico. Occorre peraltro fuggire qualsiasi tentazione fatalista e comprendere appieno quali siano stati i processi che hanno determinato tali circostanze. In primo luogo è purtroppo da rilevare come, nella maggior parte dei casi, non vi sia un quadro chiaro ed organico di conoscenza analitica di ciascun sito, che registri nel tempo condizioni di precarietà, interventi realizzati, evoluzione delle vulnerabilità. La conoscenza che si produce su ciascun monumento è molto specialistica ma manca qualsiasi visione d'insieme, sistematica e interdisciplinare.

In secondo luogo, a fronte di interventi conservativi talvolta anche complessi, difetta quasi sempre un programma di manutenzione

preventiva e, anche laddove esiste, non è in grado di tenere sotto controllo il ciclo di vita di ciascun bene nei suoi dettagli. Inoltre, manca qualsiasi attività di monitoraggio sullo stato di efficienza dei materiali ‘moderni’, per lo più di cemento e acciaio, inseriti negli anni a supporto delle strutture antiche; talvolta di essi si è persino persa la memoria, mentre in realtà sovente tali elementi di presidio o di rinforzo inseriti negli anni si sommano alla vulnerabilità delle strutture antiche.

Infine, continua a essere carente una programmazione ordinata delle risorse, dal momento che sotto la spinta continua dell’emergenza si tende a privilegiare interventi *post factum*, a riparazione di un danno avvenuto, piuttosto che attività di prevenzione volte a ridurre le condizioni di rischio.

I recenti studi sviluppati nell’ambito delle attività promosse dal Commissario delegato per le aree archeologiche di Roma e Ostia Antica hanno dimostrato come sia possibile prevedere il comportamento delle strutture archeologiche in relazione ad eventi quali il sisma o la mancanza di manutenzione. Da ciò consegue con una certa evidenza come sia possibile determinare con sufficiente precisione le attività preventive necessarie per diminuire le vulnerabilità intrinseche ed estrinseche dei beni archeologici”<sup>10</sup>. Tale valutazione è possibile sia a livello territoriale (su larga scala), finalizzata ad individuare priorità di intervento, sia a livello di dettaglio sul singolo manufatto.

A valle di una valutazione strutturale che accerti il funzionamento statico del manufatto in relazione ai diversi fattori di rischio, la redazione del piano di manutenzione diventa lo strumento più efficace per tenere sotto controllo lo stato di conservazione di un bene

Attività preliminari e al tempo stesso costitutive del Piano sono i controlli e le registrazioni sviluppate per mezzo di Attività Ispettive.

### ***Caratteristiche e consistenza delle attività ispettive eseguite***

Le Attività Ispettive sono basate prevalentemente su *visite ispettive* necessarie per la valutazione periodica dello stato di conservazione dei manufatti storici e archeologici, per la individuazione delle criticità più evidenti, per le verifiche di accessibilità al sito e di ispezionabilità degli elementi tecnici. Da un punto di vista prettamente strutturale è possibile valutare il funzionamento statico del manufatto, la sua vulnerabilità sismica, attraverso metodologie di verifica semplificate proprie di un’analisi a livello territoriale. Tale valenza risulta peculiare, in primo luogo durante la prima attività ispettiva ed in ogni caso quando le

condizioni al contorno possono essere repentinamente mutate al punto da richiedere una nuova valutazione della sicurezza strutturale.

Esse possono essere già programmate all'interno di un Piano di Manutenzione oppure possono essere sviluppate indipendentemente, ma per garantirne l'efficacia, è necessario che siano sempre pianificate ed eseguite con cadenze predefinite.

Per lo sviluppo delle visite ispettive può essere necessario fare ricorso ad attrezzature e dotazioni che consentano di effettuare i necessari controlli (visivi, empirici, strumentali).

Durante le visite ispettive si raccolgono e si registrano tutte le informazioni inerenti il manufatto, le condizioni di funzionamento dei suoi componenti e il loro rispettivo stato di conservazione.

Gli esiti delle visite ispettive vengono descritti e articolati nel Report finale.

All'interno del più generale processo di conservazione, quindi, l'Attività Ispettiva è prevalentemente indirizzata ad azioni di monitoraggio e di prevenzione. Le Attività Ispettive hanno caratteristiche, obiettivi e modalità esecutive differenti a seconda che siano previste all'interno di un Piano di Manutenzione o che siano eseguite indipendentemente da esso o, ancora, che siano rese necessarie da differenti situazioni (p. es. eventi imprevisti).

Nello specifico, l'attività ispettiva e di monitoraggio è dunque applicabile in differenti casi e situazioni:

- a) *come strategia di prevenzione, indipendentemente dalla presenza di un Piano di Manutenzione*: in questo caso l'Attività Ispettiva è diretta al monitoraggio dello stato di conservazione del monumento ed alla prevenzione di danni e dissesti con interventi rapidi e costanti;
- b) *all'interno di un Piano di Manutenzione*: in questo caso l'ispezione, prevalentemente caratterizzata da attività di *controllo*, è finalizzata
  - a tenere monitorato lo stato di conservazione del monumento;
  - a verificare l'affidabilità e l'efficacia delle opere previste nel Piano di Manutenzione;
  - a consentire l'esecuzione di rapidi interventi di tipo preventivo o manutentivo in caso di parziali inefficienze del Piano o per il verificarsi di eventi imprevisti (sismici, meteorologici, antropici, ecc.);

- a dare informazioni sulle modifiche da apportare al Piano in caso di imprecisioni o inefficienze, per adeguarlo alle nuove condizioni che si sono verificate.

In entrambi i casi si tratta di attività pianificate che prevedono la registrazione, su un Sistema Informativo, di tutti i dati di ingresso disponibili e di tutte le informazioni di ritorno dalle attività svolte.

Nel caso di Pompei, in un contesto necessariamente interdisciplinare e multidimensionale, tenere sotto controllo lo stato di conservazione dei beni richiede un approccio di tipo processuale caratterizzato da una doppia finalità: da una parte quella *analitica*, orientata a definire quadri diagnostici descrittivi dello stato di funzionamento o delle condizioni di rischio; dall'altra quella *progettuale*, il cui obiettivo è quello di definire le strategie attuative e individuare, in termini tecnici ed esecutivi, le specifiche azioni da compiere per mettere in sicurezza le strutture pericolanti, contenere le azioni degli agenti del degrado e controllare le situazioni di rischio.

E' stato quindi messo in campo un sistema strutturato di monitoraggi e verifiche su alcuni edifici ed aree campione di Pompei<sup>11</sup> (Casa del Moralista, Casa di Trebio Valente, Casa della Fontana Piccola, alcune *insulae* su via Stabiana) attraverso lo sviluppo di una complessa e multidisciplinare attività ispettiva, che ha consentito di individuare i criteri di valutazione dello stato di degrado/dissesto e delle priorità di intervento a partire dall'analisi delle condizioni di *vulnerabilità*<sup>12</sup> degli edifici, delle condizioni di *pericolosità*<sup>13</sup> del contesto ambientale e delle conseguenti condizioni di *rischio*<sup>14</sup>.

Le visite ispettive sono state svolte congiuntamente da team costituiti da ingegneri<sup>15</sup> e architetti<sup>16</sup>.

A partire da una condivisa scheda di rilevamento, strutturata in due parti (rischio tecnologico, rischio strutturale), e da una comune codifica degli elementi tecnici, l'attività ispettiva è stata sviluppata contemporaneamente e con frequenti verifiche incrociate.

Il successivo Report diagnostico è stato così strutturato:

- *Sezione A: anagrafica identificativa del bene* (denominazione, cronologia, caratteristiche dimensionali, accessibilità, descrizione dello stato di conservazione);

- *Sezione B: rischio tecnologico*  
(l'edificio è stato dettagliatamente analizzato, quanto a difetti ed anomalie/guasti riscontrati, relativamente ad ogni elemento tecnico significativo specificando per ognuno la diffusione del fenomeno, la gravità, l'urgenza e le condizioni di rischio);
- *Sezione C: rischio strutturale*  
(valutazione del rischio sismico e idrogeologico, fattori di sensibilità, proprietà meccaniche delle murature, carenze strutturali. E' stata sviluppata inoltre la valutazione della sicurezza statica LV1, la valutazione della sicurezza sismica LV1);
- *Sezione D: esiti delle attività svolte*  
(negli esiti delle attività svolte sono state precisate, a seguito di valutazioni congiunte, lo stato di conservazione del bene, le condizioni di rischio, le zone a rischio da monitorare e i dati relativi alla ispezionabilità degli elementi tecnici);
- *Sezione E: lavori e raccomandazioni*  
(in questa sezione sono stati esplicitati gli interventi in urgenza da eseguire, i lavori necessari per garantire fruibilità e sicurezza, i lavori necessari per garantire la conservazione, modalità per garantire condizioni ottimali).

## ***Conclusioni***

Il contributo propone una strategia di conservazione dall'impostazione innovativa che trova nella gestione processuale e nella multidisciplinarietà dell'approccio i suoi punti di forza.

La dilatazione nel tempo delle azioni, e il ruolo determinante giocato dalle attività ispettive, consentono una grande efficacia della cura con evidenti benefici derivanti dalla diagnosi precoce dei degradi e dei dissesti e dalla possibilità di un loro immediato controllo.

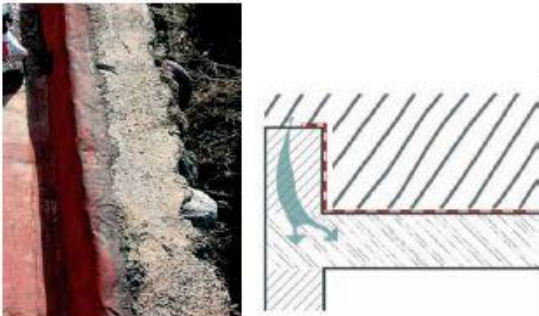
La multidisciplinarietà del metodo moltiplica l'efficacia dei programmi manutentivi grazie al funzionamento sistemico delle ispezioni e degli interventi correttivi messi in atto. La pianificazione strategica delle fasi della manutenzione consente infatti un più razionale impiego di risorse e un costante incremento della conoscenza mediante una progressiva stratificazione delle informazioni. Queste potenzialità emergono soprattutto quando i programmi di manutenzione vengono applicati a

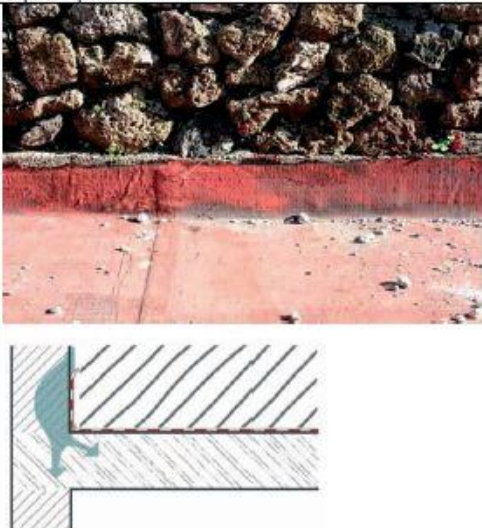
patrimoni estesi dove esistono le condizioni per attivare economie di scala che ottimizzano l'impiego delle risorse in campo.

La dilatazione nel tempo e il concorso di competenze diversificate costituiscono uno strumento estremamente valido per la gestione del processo di conservazione.

Nell'esperienza presentata il dato innovativo rispetto a precedenti applicazioni della metodologia è la stretta relazione tra competenze differenti e interagenti che ha comportato un maggiore controllo dei fenomeni di degrado e di dissesto e delle loro reciproche interazioni.

REPORT	
Casa di Trebio Valente - Pompei	

Copertura piana					
 <p>Dettaglio del risvolto della membrana impermeabilizzante e schema rappresentativo del meccanismo che provoca le condizioni di rischio</p>	<p>Descrizione Mancanza del sistema di protezione del cordolo superiore: la membrana dovrebbe proseguire anche sul piano orizzontale</p>				
	<table border="1"> <tr> <td>Gravità</td> <td>Media</td> </tr> <tr> <td>Diffusione</td> <td>localizzato</td> </tr> </table>	Gravità	Media	Diffusione	localizzato
	Gravità	Media			
	Diffusione	localizzato			
<p>Condizioni di rischio Esposizione delle murature agli agenti atmosferici con possibili infiltrazioni di acqua.</p>					
<table border="1"> <tr> <td>Grado di urgenza</td> <td>2</td> </tr> </table>	Grado di urgenza	2			
Grado di urgenza	2				

Copertura piana					
 <p>Dettaglio del risvolto della membrana e schema rappresentativo del meccanismo che provoca le condizioni di rischio</p>	<p>Descrizione Le membrane impermeabilizzanti delle coperture piane sono eseguite in modo non conforme (minimo risvolto sulle superfici verticali, mancanza della guscia di raccordo a 45° tra superficie orizzontale e verticale, mancanza dell'elemento di protezione del bordo).</p>				
	<table border="1"> <tr> <td>Gravità</td> <td>Media</td> </tr> <tr> <td>Diffusione</td> <td>100%</td> </tr> </table>	Gravità	Media	Diffusione	100%
	Gravità	Media			
	Diffusione	100%			
<p>Condizioni di rischio Possibili anomali tensionamenti della membrana impermeabile, scollamenti, distacchi, fessurazioni, infiltrazioni di acqua.</p>					
<table border="1"> <tr> <td>Grado di urgenza</td> <td>2</td> </tr> </table>	Grado di urgenza	2			
Grado di urgenza	2				



## REPORT

Casa di Trebio Valente - Pompei

### Definizione dei parametri geometrici limite nei confronti dello stato limite di riferimento

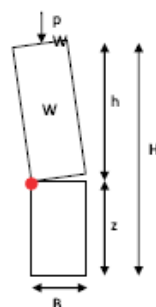
Nel caso in cui il meccanismo di ribaltamento sia caratterizzato da una quota della cerniera plastica cilindrica  $z$ , tale per cui l'accelerazione sismica risulti amplificata rispetto a quella agente al suolo ( $z > z^*$ ), si ricerca il parametro  $(B/h)_{lim}$  che determina il passaggio da una situazione di sicurezza a una di non sicurezza.

#### Stato Limite di salvaguardia della Vita (SLV)

Per $p = 0\%$	$\rightarrow (B/h)_{lim} = 0.130$
Per $p = 50\%$	$\rightarrow (B/h)_{lim} = 0.163$
Per $p = 40\%$	$\rightarrow (B/h)_{lim} = 0.158$
Per $p = 30\%$	$\rightarrow (B/h)_{lim} = 0.152$

#### Stato Limite di danno ai beni Artistici (SLA) con $n = 2$

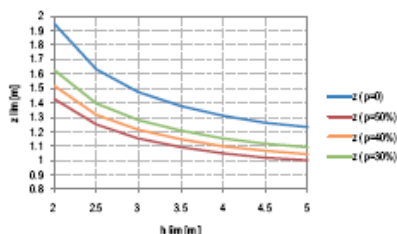
Per $p = 0\%$	$\rightarrow (B/h)_{lim} = 0.150$
Per $p = 50\%$	$\rightarrow (B/h)_{lim} = 0.178$
Per $p = 40\%$	$\rightarrow (B/h)_{lim} = 0.171$
Per $p = 30\%$	$\rightarrow (B/h)_{lim} = 0.165$



Nel caso in cui il meccanismo di ribaltamento sia caratterizzato da una quota della cerniera plastica cilindrica  $z$ , tale per cui l'accelerazione sismica risulti amplificata rispetto a quella agente al suolo ( $z > z^*$ ), si ricerca il parametro  $\beta^*_{lim}$  (funzione di  $z$  e  $h$ ,  $\beta^*_{lim} = h \cdot z_{lim} / (z_{lim} + h)$ ) a B fissato ( $B = 0.4$  m nel caso in esame) che determina il passaggio da una situazione di sicurezza a una di non sicurezza. Fissata l'altezza del blocco  $h$ , il meccanismo è sicuro se  $z < z_{lim}$ .

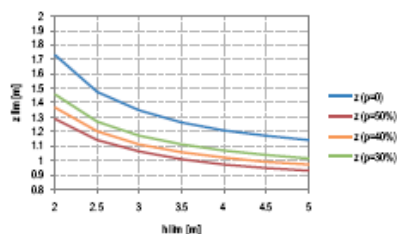
#### Stato Limite di salvaguardia della Vita (SLV)

Per $p = 0\%$	$\rightarrow \beta^*_{lim} = 0.987$
Per $p = 50\%$	$\rightarrow \beta^*_{lim} = 0.833$
Per $p = 40\%$	$\rightarrow \beta^*_{lim} = 0.862$
Per $p = 30\%$	$\rightarrow \beta^*_{lim} = 0.896$



#### Stato Limite di danno ai beni Artistici (SLA) con $n = 2$

Per $p = 0\%$	$\rightarrow \beta^*_{lim} = 0.928$
Per $p = 50\%$	$\rightarrow \beta^*_{lim} = 0.783$
Per $p = 40\%$	$\rightarrow \beta^*_{lim} = 0.811$
Per $p = 30\%$	$\rightarrow \beta^*_{lim} = 0.842$



- 
- (1) Cecchi R., Gasparoli P., *Attività di prevenzione cura su un patrimonio di eccellenza: il caso delle aree archeologiche di Roma e Ostia antica*, in Atti del Convegno "Scienza e Beni Culturali", Bressanone, 2010, Arcadia Ricerche, Venezia, 2010, p. 1-10; Gasparoli P., Bossi S., *Come strutturare attività ispettive per il controllo e la prevenzione*, in Atti del Convegno "Scienza e Beni Culturali", Bressanone, 2010, Arcadia Ricerche, Venezia, 2010, p. 365-374.
- (2) Cfr. Presidenza del Consiglio dei Ministri, 12 marzo 2009, "Interventi urgenti di protezione civile diretti a fronteggiare la grave situazione di pericolo in atto nell'area archeologica di Roma e provincia", Ordinanza n. 3747 (Gazzetta Ufficiale – Serie Generale n. 67 del 21 marzo 2009); Presidenza del Consiglio dei Ministri, 28 maggio 2009, "Disposizioni urgenti di protezione civile", Ordinanza n. 3774 (Gazzetta Ufficiale – Serie Generale n. 133 dell'11 giugno 2009).
- (3) Cecchi R., *Roma Archaeologia, Interventi per la tutela e la fruizione del patrimonio archeologico*, primo rapporto, giugno-agosto 2009, Electa, Milano, 2009; Cecchi R., *Roma Archaeologia, Interventi per la tutela e la fruizione del patrimonio archeologico*, secondo rapporto, settembre 2009-febbraio 2010, Electa, Milano, 2010; Cecchi R., Gasparoli P., *Prevenzione e Manutenzione per i Beni Culturali edificati, Procedimenti scientifici per lo sviluppo delle Attività Ispettive. Il caso studio delle Aree archeologiche di Roma e Ostia Antica*, Alinea, Firenze, 2010.
- (4) Le "Linee Guida per la conservazione dei beni archeologici. Conoscenza, prevenzione, manutenzione" sono in corso di pubblicazione.
- (5) Prof. Gian Pietro Brogiolo (Università di Padova); Prof. Marco Valenti (Università di Siena); Prof. Emanuele Papi (Università di Siena).
- (6) Prof. Sergio Lagomarsino e Ing. Stefano Podestà (Università di Genova).
- (7) Prof. Paolo Gasparoli, Dipartimento BEST, Politecnico di Milano.
- (8) In particolare lo staff del Commissario (Arch. Laura Moro, Arch. Pia Petrangeli), e i tanti funzionari della Soprintendenza Archeologica di Roma (in particolare l'Arch. M. Serlorenzi, S.A.R.).
- (9) Centro funzionale per la previsione meteorologica e il Monitoraggio meteo-pluvio-idrometrico e delle frane, Settore Programmazione Interventi di Protezione Civile sul Territorio, Giunta della Regione Campania, Centralina di rilevamento di Pompei.
- (10) Cfr. mozione contenuta nel verbale della seduta del Consiglio Superiore per i beni culturali e paesaggistici del 13 dicembre 2010, presieduta dal Prof. Andrea Carandini.
- (11) Cfr. Cecchi R. (a cura di), *Pompei Archaeologia. Progetto di conservazione e fruizione del patrimonio archeologico*, Electa, Verona, 2011.
- (12) **Vulnerabilità**: propensione di un qualsiasi elemento esposto (p. es. edifici, manufatti architettonici e archeologici) ad essere danneggiato o a degradarsi a causa di un agente esterno connesso alle condizioni di *pericolosità* ambientale o antropica. La vulnerabilità rappresenta una caratteristica intrinseca dell'elemento esposto, è direttamente dipendente dalle sue condizioni di degrado o di stato e mette in relazione l'azione (aggressione ambientale, sisma, ecc.) con il danno che questa può provocare.
- (13) **Pericolosità**: probabilità che un dato fenomeno naturale accada in un determinato periodo di tempo o insieme delle condizioni di aggressività ambientale o antropica alle quali un oggetto edilizio è sottoposto e che interagiscono con esso provocando in tempi più o meno rapidi fenomeni di degrado.
- (14) **Rischio**: è il risultato della combinazione tra *pericolosità* ambientale, *vulnerabilità* dell'edificio ed esposizione. Il rischio è la misura del livello di danneggiamento che, in base alle caratteristiche di pericolosità (climatica, idrogeologica, sismica o antropica) del sito, e delle condizioni di vulnerabilità degli elementi esposti (condizioni di degrado, resistenza alle azioni sismiche, qualità e quantità), si può verificare in un dato intervallo di tempo.
- (15) Responsabile Scientifico: Ing. Stefano Podestà, DICAT, Università di Genova. Gruppo di lavoro: ingg. Anna Brigola, Emanuela Curti, Sonia Parodi, Chiara Romano, Lorenzo Scandolo.
- (16) Responsabile scientifico: Prof. Paolo Gasparoli, BEST, Politecnico di Milano. Gruppo di lavoro: archh. Chiara Livraghi, Fabiana Pianezze, Matteo Scaltritti.