



# Attuazione del Piano nazionale italiano per la prevenzione del rischio sismico: l'adeguamento degli edifici strategici e rilevanti

Mauro Dolce<sup>1</sup>, Elena Speranza<sup>1</sup>, Francesco Giordano<sup>1</sup>, Chiara Conte<sup>2</sup>, Giuseppina De Martino<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Dipartimento della Protezione Civile, Via Ulpiano 14, Roma, Italia

<sup>2</sup> Reluis, Rete dei Laboratori di Ingegneria Sismica, Via Claudio, 21 80125, Napoli, Italia

*Parole-chiave: rischio sismico, prevenzione strutturale, edifici strategici, vulnerabilità sismica, analisi statistica*

## SOMMARIO

A seguito del terremoto che ha colpito la Regione Abruzzo il 6 aprile 2009, il Governo Italiano ha emanato un nuovo provvedimento per dare maggiore impulso alla prevenzione sismica. L'articolo 11 del decreto legge n. 39 del 28 aprile 2009 prevede che siano finanziati interventi per la prevenzione del rischio sismico su tutto il territorio nazionale sancendo in questo modo l'avvio di un Piano Nazionale di prevenzione sismica.

Il Fondo istituito allo scopo, 965 milioni di euro ripartiti in 7 anni, rappresenta tuttavia solo una minima percentuale del fabbisogno necessario in Italia per la mitigazione del rischio.

La gestione del Piano è stata affidata al Dipartimento della Protezione Civile, attraverso il coinvolgimento a livello territoriale delle amministrazioni regionali, responsabili dell'attuazione sul territorio dei programmi di prevenzione. Tra le linee di finanziamento avviate, una di esse è dedicata agli interventi di riqualificazione sismica di edifici di interesse strategico e delle opere infrastrutturali la cui funzionalità durante gli eventi sismici assume rilievo fondamentale per le finalità di protezione civile, nonché degli edifici e delle opere rilevanti in relazione alle conseguenze di un collasso. Ad oggi il numero complessivo di interventi programmati tra quelli finanziati (rafforzamento locale, miglioramento sismico, demolizione e ricostruzione) ammonta a circa 1000, ma si prevede che termine del Piano questo numero cresca ulteriormente.

A dieci anni dal provvedimento, si ritiene utile produrre un quadro di sintesi di quanto ad oggi realizzato nell'ambito di tale misura, attraverso alcune elaborazioni statistiche sul campione di interventi disponibile. L'articolo, in particolare, indaga la vulnerabilità e il deficit di sicurezza degli edifici strategici e rilevanti del campione, insieme a una prima analisi dei costi e dei tempi medi necessari per la realizzazione dei relativi interventi, con l'obiettivo finale di fornire informazioni utili anche per meglio indirizzare le future attività di prevenzione strutturale.

## 1 INTRODUZIONE AL PIANO NAZIONALE PER LA PREVENZIONE SISMICA

Con l'Ordinanza del Capo del Dipartimento della Protezione Civile n. 532 del 2018 si chiude una prima parte del programma organico pluriennale di prevenzione del rischio sismico, con il quale è stato dato un forte impulso alla prevenzione sismica grazie a una pluralità di azioni sull'intero territorio nazionale.

Avviato in seguito al terremoto in Abruzzo del 6 aprile 2009 con l'articolo 11 della legge n. 77 del 24 giugno 2009 di conversione del decreto legge n. 39 del 28 aprile 2009, il Piano Nazionale per la prevenzione sismica ha, di fatto, affrontato il problema da più punti di vista. Esso ha infatti promosso sia azioni di prevenzione non

strutturale, tese ad aumentare la conoscenza del territorio a supporto della pianificazione urbanistica e d'emergenza, sia azioni di prevenzione strutturale di riduzione della vulnerabilità degli edifici.

Il Fondo istituito dallo Stato a tale scopo ammonta complessivamente a 965 milioni di euro ripartiti in sette anni, dal 2010 al 2016 (Figura 1), la cui attuazione è stata affidata al Dipartimento della protezione civile attraverso ordinanze del Presidente del Consiglio dei Ministri (poi diventate ordinanze del Capo Dipartimento della Protezione Civile).

Considerato l'elevato deficit sismico del territorio nazionale, la somma stanziata costituisce tuttavia solo una piccolissima percentuale, stimabile inferiore all'1%, di quanto

potenzialmente necessario per una significativa riduzione del rischio sismico di tutte le costruzioni, pubbliche e private, e delle opere infrastrutturali strategiche (Dolce 2012).

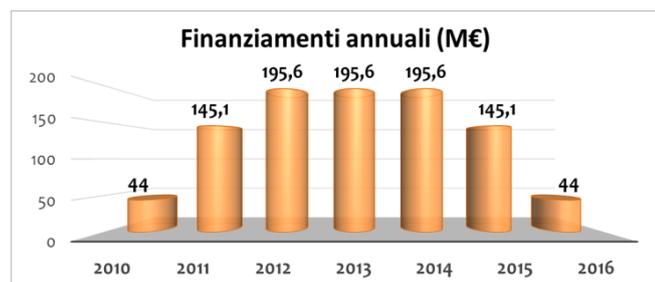


Figura 1. Distribuzione del Fondo stanziato dal Piano nazionale nelle sette annualità

Con l'OPCM n. 3843 del 19 gennaio 2010 è stata istituita una Commissione di esperti del rischio sismico che ha definito obiettivi e criteri generali di un'efficace azione di prevenzione da attuare con i fondi messi a disposizione dall'art.11.

La strategia dettata dal Piano si è focalizzata sulla riduzione delle perdite di vite umane come obiettivo prioritario. Per questo, le azioni del Piano sono state concentrate sulle zone a elevata e media pericolosità, che rappresentano circa il 60% dell'intero territorio italiano (i comuni classificati in zona 1 e 2 e parte dei comuni in zona 3). In particolare i finanziamenti vengono attivati sui comuni caratterizzati da pericolosità sismica di base (riferita all'accelerazione orizzontale massima ag) con valori superiori o uguali a 0.125g.

Il quadro complessivo delle azioni di prevenzione strutturale finanziate dal 2010 al 2016 ha così previsto:

- studi di Microzonazione Sismica (MS) (Dolce et al. 2019) e analisi della Condizione Limite per l'Emergenza (CLE) (INU 2013, CTMS 2014, 2016), a supporto del governo del territorio e della pianificazione di emergenza;
- interventi di riduzione della vulnerabilità su edifici e opere infrastrutturali pubbliche d'interesse strategico per finalità di protezione civile e/o rilevanti per le conseguenze di un loro eventuale collasso;
- interventi di riduzione della vulnerabilità su edifici privati a destinazione residenziale e per attività produttive. Quest'ultima linea, facoltativa nella prima annualità, è tornata ad esserlo nell'ultima, anche a valle delle detrazioni fiscali avviate dal 2017 dal cosiddetto Sisma Bonus, introdotto dalla legge di Stabilità 2017 (Articolo 1, comma 2, lettera c).

Le ordinanze dei primi anni prevedevano, inoltre, una quarta linea di finanziamento destinata ad interventi urgenti e indifferibili relativi ad opere infrastrutturali di interesse strategico in caso di emergenza, come ponti e viadotti. Le risorse di tale linea, scarsamente impiegate dalle Regioni nelle prime ordinanze, sono state così utilizzate nell'ultima ordinanza per incrementare i finanziamenti per interventi su edifici e opere pubbliche strategiche e rilevanti, di cui al secondo punto del sovrastante elenco.

La somma complessivamente stanziata per gli studi di MS e CLE ammonta a un totale di 86,000,000 di euro, mentre quella destinata ad interventi di riduzione della vulnerabilità sia del patrimonio pubblico strategico /o rilevante che di quello privato ammonta complessivamente a 860,938,816 euro. La ripartizione tra i fondi destinati ad interventi su edifici (ed opere) pubbliche e quelli su edifici privati era in capo alle Regioni secondo limiti percentuali definiti dalle ordinanze<sup>1</sup>.

Fermo restando il ruolo di indirizzo e coordinamento nell'attuazione del Piano affidato al Dipartimento della protezione civile, la definizione e la gestione, per ogni annualità, dei programmi di studio e di intervento è stata affidata alle Regioni, in accordo con gli Enti locali.

In coerenza con la strategia di fondo del Piano di salvaguardia della vita umana, la ripartizione delle risorse tra le Regioni è stata effettuata sulla base del rischio sismico, secondo i criteri definiti dalla Commissione di esperti. Allo scopo è stato formulato, per ogni Regione, un indice di rischio a partire dagli studi effettuati dai centri di competenza del Dipartimento ReLUIS ed EUCENTRE e dal Dipartimento medesimo, considerando come dato di base, in accordo con i criteri generali del programma, le perdite annue attese in termini di popolazione coinvolta nei crolli degli edifici con danni gravissimi (Dolce 2012).

Tale indice è stato calcolato per ciascuna Regione come indice medio di due valori: un indice individuale (PC), che tiene conto del rischio specifico dei comuni di ciascuna regione ammessi a finanziamento e un indice globale (PCP), che tiene conto della popolazione residente nei comuni della regione stessa.

La distribuzione degli indici finali per ciascuna Regione è illustrata in Figura 2.

<sup>1</sup> La percentuale da destinare ad interventi su edifici privati ed attività produttive doveva essere ricompresa nella forchetta 20%-40%.

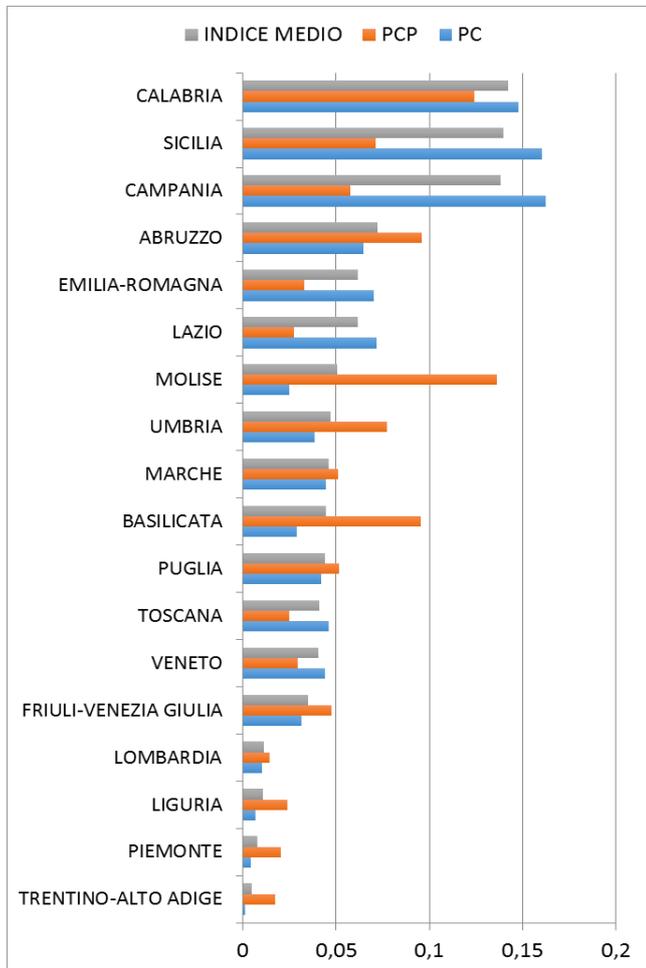


Figura 2. Distribuzione indice di rischio per Regione

Un esempio di distribuzione geografica dei fondi sulla base di questo indice è illustrato in Figura 3.

L'attuazione del piano, in relazione alle 7 ordinanze che si sono succedute negli anni (3907/2010, 4007/2012, 52/2013, 171/2014, 293/215, 344/2016, 532/2018), sebbene molto diversificata da parte delle diciassette Regioni coinvolte, ha rappresentato un importante strumento per accrescere la consapevolezza del rischio sismico e per avviare un processo virtuoso di riduzione del rischio del patrimonio edilizio pubblico e privato.

Il presente lavoro si concentra sugli interventi sugli edifici pubblici, che rappresentano la porzione più cospicua del finanziamento. Ad oggi, in particolare, sono stati programmati complessivamente circa 1,000 interventi, rappresentativi solo di una parte del numero totale che sarà conseguito a conclusione del programma. Infatti, considerata la recente emanazione dell'ultima ordinanza relativa all'annualità 2016 (luglio 2018), e più in generale le tempistiche mediamente previste per la definizione dei programmi da parte delle Regioni, nonché per la realizzazione degli interventi, il programma è ancora in fase di attuazione da parte

di molte Regioni. Pertanto, si stima che il numero complessivo di interventi a conclusione del ciclo settennale, potrà aggirarsi intorno alle 1,200 unità.

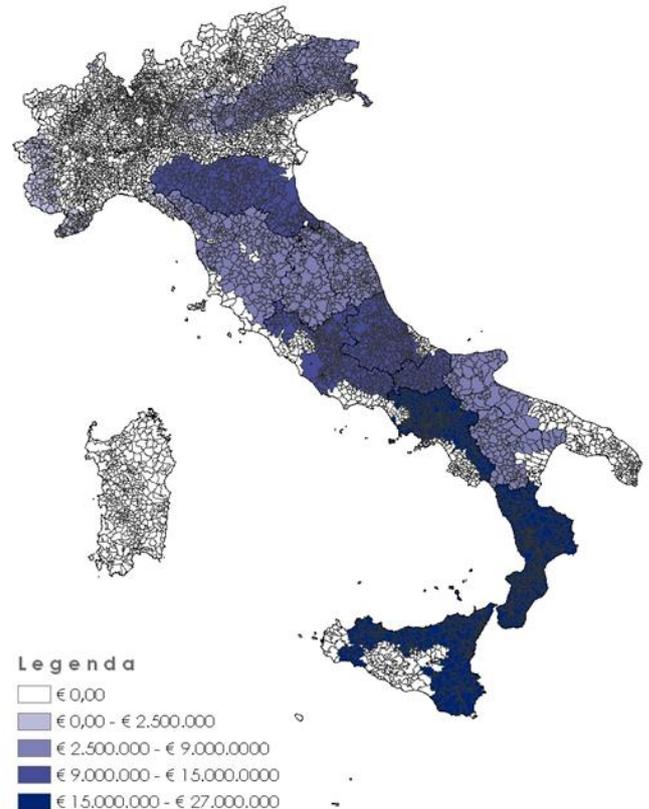


Figura 3. Esempio di distribuzione geografica dei fondi (annualità 2012)

L'articolo, dopo aver illustrato la disciplina specifica di tale linea di finanziamento, presenta alcune analisi statistiche sulla vulnerabilità di partenza degli edifici oggetto di intervento, sui livelli di sicurezza raggiunti a conclusione degli interventi, sui costi sostenuti e i tempi necessari per la loro realizzazione, fornendo spunti per ottimizzare il prosieguo del Piano.

## 2 INTERVENTI SU EDIFICI PUBBLICI STRATEGICI E RILEVANTI SECONDO LE ORDINANZE

La linea di finanziamento dedicata ad interventi su edifici ed opere infrastrutturali pubbliche, strategiche e rilevanti, prevede la concessione di contributi per tre tipologie di intervento alternative: rafforzamento locale, miglioramento sismico, demolizione e ricostruzione.

Si noti che il pieno adeguamento sismico non rappresenta l'obiettivo da conseguire con i limitati fondi messi a disposizione, in quanto la strategia dettata dal Piano è a favore di un incremento della sicurezza distribuito su un

numero più ampio possibile di manufatti, piuttosto che concentrato su un minor numero di manufatti per i quali si raggiunga l'adeguamento, a costi inevitabilmente maggiori. È d'altronde possibile che esigenze singole di adeguamento sismico possano essere soddisfatte attraverso un cofinanziamento dell'ente interessato.

La definizione delle tre tipologie di intervento previste è conforme a quella fornita dalle norme tecniche per le costruzioni (DM 2008 e DM 2018).

Gli interventi di rafforzamento locale, sono definiti quali interventi su singole parti e/o elementi della struttura che non variano significativamente il comportamento globale della costruzione. Ai fini dell'applicabilità di questa tipologia di intervento ai sensi delle ordinanze in esame, l'edificio non deve avere carenze non risolvibili attraverso interventi di rafforzamento locale e, quindi, tali da non consentire di conseguire un effettivo beneficio alla struttura nel suo complesso. Le ordinanze attuative del Piano disciplinano nel dettaglio le condizioni di applicabilità del rafforzamento locale.

Gli interventi di miglioramento sismico sono interventi atti ad aumentare la sicurezza strutturale preesistente, senza necessariamente raggiungere i livelli di sicurezza fissati dalla normativa vigente per l'adeguamento sismico. È comunque posta una soglia minima da conseguire, pari al 60% della resistenza sismica corrispondente all'adeguamento (v. la successiva definizione dell'indice di rischio  $\alpha$ ), valore peraltro ripreso nelle recenti Norme Tecniche per le Costruzioni (DM 2018).

Infine, gli interventi di demolizione e ricostruzione sono ammessi a condizione che l'edificio venga ricostruito secondo i medesimi parametri edilizi degli edifici preesistenti. È, inoltre, consentita la delocalizzazione degli edifici oggetto di demolizione e ricostruzione, nei casi in cui sia garantito, ad invarianza di spesa, un maggiore livello di sicurezza sismica, con contestuale divieto di ricostruzione nel sito originario e un miglioramento della operatività del sistema di gestione dell'emergenza, per il quale il Dipartimento ha sviluppato modelli valutativi probabilistici (Dolce et al. 2017, 2018).

Per le tre tipologie di intervento sopra dette, viene definito un costo convenzionale di intervento parametrato a metro cubo di volume lordo di edificio soggetto ad interventi, o a metro quadro, nel caso di opere infrastrutturali (ponti e viadotti), come segue:

- Per il rafforzamento locale: 100 euro a metro cubo (300 euro per metro quadrato nel caso di opere infrastrutturali);
- Per il miglioramento sismico: 150 euro a metro cubo (450 euro per metro quadrato nel caso di opere infrastrutturali);
- Per la demolizione e ricostruzione: 200 euro a metro cubo (600 euro per metro quadrato nel caso di opere infrastrutturali).

Il contributo dello Stato spettante per ogni intervento è calcolato come quota del costo convenzionale sopra definito e dipende dall'esito della verifica sismica, eseguita ai sensi dell'OPCM 3274/2003 e dal relativo indice di rischio  $\alpha$ .

Quest'ultima rappresenta un requisito imprescindibile per il finanziamento dell'opera, essendo il parametro fondamentale rispetto a cui le Regioni sono tenute a redigere le graduatorie di priorità.

In particolare, l'indice di rischio  $\alpha$  è inteso come rapporto tra la capacità espressa in termini di accelerazione orizzontale massima al suolo, ( $PGA_C$ ), e la domanda in termini di accelerazione orizzontale massima al suolo ( $PGA_D$ ) associata ad una data probabilità di essere superata in un tempo pari al periodo di riferimento dell'opera, per i due Stati Limite di salvaguardia della Vita (SLV) e di Danno (SLD).

I valori di  $\alpha$ , inoltre, devono essere coerenti con la pericolosità sismica attuale, così come definita dal DM 2008 ovvero dall'OPCM 3519/2006, e pertanto i risultati delle verifiche sismiche effettuati con riferimento alla pericolosità sismica definita dalla OPCM 3274/2003 richiedono una rivalutazione in termini di domanda da parte delle Regioni.

Il contributo è così stabilito in funzione del costo convenzionale associato a ciascuna tipologia di intervento in funzione dell'indice di rischio  $\alpha$ , secondo il criterio di seguito riportato:

- 100% del costo convenzionale se  $\alpha \leq 0.2$ ;
- $[(380 - 400 \alpha)/3]$  % del costo convenzionale se  $0.2 < \alpha \leq 0.8$ ;
- 0% del costo convenzionale se  $\alpha > 0.8$ .

Si noti che nel caso di opere strategiche il valore di  $\alpha$  è da considerarsi il minore tra l'indice di rischio allo SLV ( $\alpha_{SLV}$ ) e l'indice di rischio allo SLD ( $\alpha_{SLD}$ ).

Nel caso di opere rilevanti il valore di  $\alpha$  è da considerarsi quello relativo allo SLV ( $\alpha_{SLV}$ ).

È utile ricordare che per il rafforzamento locale le vigenti norme prevedono solamente la valutazione dell'incremento di capacità degli elementi e dei meccanismi locali su cui si opera e

non la verifica globale della struttura, riducendo drasticamente il tempo necessario alla progettazione dell'intervento stesso.

Per il miglioramento sismico, come detto, le ordinanze attuative hanno stabilito l'ammissibilità a finanziamento degli interventi di miglioramento che garantiscano un livello di sicurezza finale, in termini di indice di rischio  $\alpha$ , non inferiore al 60% di quello richiesto per edifici di nuova costruzione, e comunque, un incremento di tale livello, rispetto a quello iniziale, non inferiore al 20%.

Le ordinanze attuative non prevedono un obbligo di cofinanziamento della spesa da parte delle Regioni, tuttavia in molti casi tale cofinanziamento è stato comunque previsto, consentendo la realizzazione di un numero di interventi maggiore rispetto a quello che le sole risorse del Piano avrebbero permesso. In molti casi, inoltre, il cofinanziamento ha consentito il conseguimento dell'adeguamento sismico.

La Tabella 1 riporta un quadro di sintesi relativo alla linea di finanziamento in esame, evidenziando per ognuna delle 7 annualità il numero complessivo di interventi ad oggi finanziati, ammontante ad un totale di 1.011 interventi, e il contributo previsto dalle ordinanze su tali interventi (ripartito tra le Regioni in funzione dell'indice di rischio) ammontante, ad oggi, a complessivi 584,515,293 Euro.

Inoltre, la Tabella 1 evidenzia, a parte, il cofinanziamento attivato dalle Regioni, a sottolineare il virtuoso sforzo mediamente profuso in favore di questo programma.

Tabella 1. Interventi su edifici e opere infrastrutturali di proprietà pubblica (lettera b), relativo contributo e cofinanziamento per le sette annualità

Annualità	n. interventi	Contributo (€)	Contributo cofinanziato (€)
2010	67	30,703,489	10,100,275
2011	147	88,496,797	21,296,446
2012	211	117,523,927	20,789,214
2013	184	118,258,763	11,567,942
2014	202	116,766,642	6,409,252
2015	125	80,489,997	3,282,408
2016	75	32,275,678	416,854
<b>TOTALE</b>	<b>1,011</b>	<b>584,515,293</b>	<b>73,862,391</b>

Come già evidenziato nel §1, tale quadro non è da considerarsi definitivo, dovendo ancora alcune Regioni completare la programmazione delle più recenti ordinanze.

### 3 EDIFICI PUBBLICI: CARATTERISTICHE

Nel corso delle sette annualità sono stati, ad oggi, finanziati interventi di rafforzamento locale, miglioramento sismico e di demolizione e ricostruzione su 995 edifici e 16 opere infrastrutturali, per un totale, in precedenza richiamato, di 1,011 interventi.

Considerato l'esiguo campione relativo alle opere infrastrutturali, le analisi che seguono sono riferite ai soli edifici (995).

Esaminando il campione dal punto di vista della destinazione d'uso, il diagramma a torta di Figura 4, mostra come esso sia costituito per il 51% da edifici adibiti ad attività amministrative (regionali, provinciali, comunali e comunità montane) di cui la maggior parte (84% di questo sottoinsieme) municipi; per il 25% da scuole, il 9% da ospedali e strutture sanitarie, 6% da edifici adibiti ad attività per la pubblica sicurezza (prevalentemente caserme dei Carabinieri, sedi dei Vigili del Fuoco e simili), il 5% da edifici adibiti ad altre funzioni (attività collettive, sportive e sociali). Per il restante 4% la destinazione d'uso in ordinario non è stata invece comunicata, essendo gli edifici ricompresi in questo gruppo prevalentemente associati a funzioni di gestione dell'emergenza definite nei rispettivi piani di emergenza.

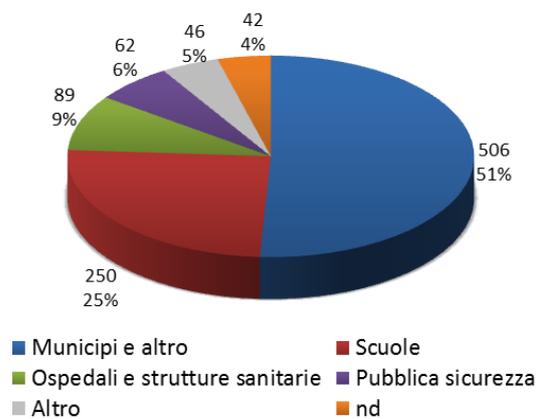


Figura 4. Destinazione d'uso degli edifici oggetto di intervento

Più in generale, è bene sottolineare che circa 1/4 delle destinazioni d'uso di Figura 4 è associata, in emergenza, ad una funzione strategica di gestione dell'emergenza definita nei relativi piani di protezione civile comunale o in altri piani sovraordinati. È il caso dei Centri Operativi Comunali (COC), Centri Operativi Misti (COM), edifici con funzione di Ricovero in emergenza (A/R), Centri di Coordinamento Soccorsi (CCS), ed altre funzioni relative alla gestione dell'emergenza. Ad esempio spesso i Municipi sono sedi di COC e le scuole (in ordinario a carattere rilevante) assumono funzione strategica

se adibite anch'esse a funzione di COC o ricovero in emergenza (A/R).

La distribuzione percentuale delle funzioni di gestione dell'emergenza riscontrate sono riportate in Figura 5.

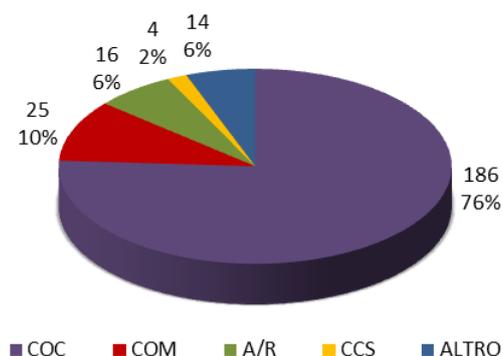


Figura 5. Funzioni di gestione dell'emergenza ospitate negli edifici oggetto di intervento

Dal punto di vista costruttivo, sebbene il dato non sia completo su tutto il campione, il 31% degli edifici risulta avere struttura in c.a., il 30% in muratura, il 10% mista, in acciaio, o di altro tipo, mentre per il restante 29% non si dispone di informazioni (Figura 6). Nel seguito si analizzano le caratteristiche tipologiche relative al campione di 702 edifici di cui è nota la tipologia costruttiva.

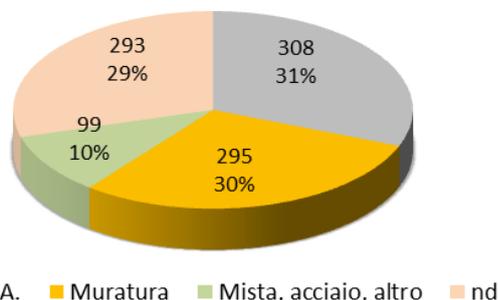


Figura 6. Tipologia costruttiva degli edifici oggetto di intervento

La distribuzione della tipologia costruttiva varia significativamente in funzione della destinazione d'uso: la Figura 7 mostra una prevalenza di strutture in c.a. per edifici adibiti a Ospedali e strutture sanitarie (74% di 70) e per Scuole (56% di 194). Di contro una prevalenza di strutture in muratura si riscontra per gli edifici adibiti a Municipi e altre attività amministrative (57% di 359). Gli edifici adibiti ad attività di pubblica sicurezza presentano un'equa distribuzione tra edifici con strutture in c.a. e muratura (41% vs. 38%).

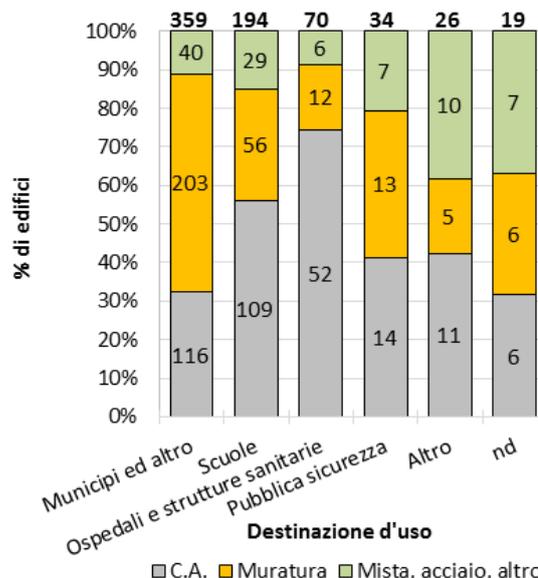


Figura 7. Distribuzione percentuale della tipologia costruttiva per ciascuna destinazione d'uso

Passando alle caratteristiche dimensionali, il volume medio degli edifici del campione risulta pari a 5,300 mc, ma si riscontrano importanti differenze al variare della destinazione d'uso.

Infatti, gli edifici adibiti a municipio (e altre attività amministrative) e le scuole, hanno un volume medio pari a circa 5,000 mc, lievemente inferiore (circa il 7% in meno) rispetto al volume medio dell'intero campione di edifici.

Un picco pari a 20,132 mc si rileva per gli ospedali e strutture sanitarie, in particolare associate a edifici con tipologia costruttiva mista, in acciaio o altro (Figura 8).

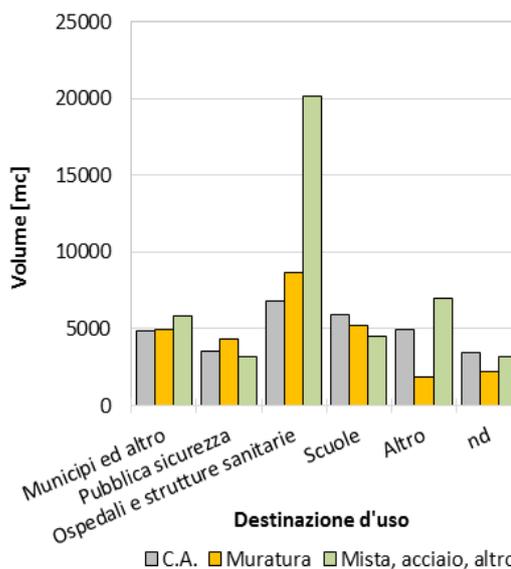


Figura 8. Volume (mc) per tipologia costruttiva e destinazione d'uso

In Figura 9 è riportata la distribuzione degli edifici in c.a., muratura ed altra tipologia (mista, acciaio o altro) al variare del numero di piani.

Circa il 94% degli edifici del campione è caratterizzato da un numero di piani minore o uguale a 4. Nelle classi di edifici con 1 e 2 piani risulta evidente la prevalenza di edifici con struttura in c.a. rispetto a quella in muratura (62 vs. 18 edifici con 1 piano; 101 vs. 75 edifici con 2 piani); viceversa gli edifici con 3 o 4 piani sono prevalentemente caratterizzati da struttura portante in muratura.

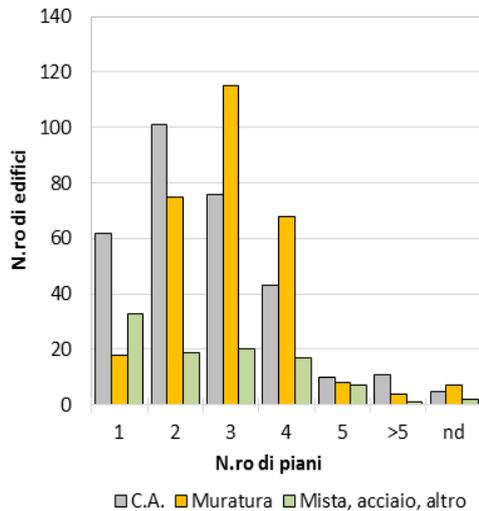


Figura 9. Numero di piani degli edifici per tipologia costruttiva

In Figura 10 si riporta la distribuzione del campione di edifici in funzione della tipologia costruttiva e dell'epoca di progettazione. Il grafico mostra che circa il 43% degli edifici del campione è stato costruito tra il 1960 e il 1990. Si osservi che le ordinanze non prevedevano contributi per edifici realizzati o adeguati dopo il 1984<sup>2</sup>, a meno dei casi in cui i comuni di appartenenza avessero subito successivamente una variazione in senso sfavorevole della classificazione sismica. In questo senso si spiegano le date del grafico successive al 1984.

Inoltre dal grafico emerge che il numero di edifici realizzati con struttura portante in muratura tende a diminuire nelle classi di epoca di progettazione più recenti, mentre la distribuzione degli edifici in c.a., presenta prima un andamento crescente, con un picco in termini assoluti di 132 edifici costruiti tra gli anni '70-'80, e poi un andamento decrescente, per i motivi sopra detti.

Per quanto concerne le strutture in muratura si osserva inoltre che 135 edifici, pari a circa il 46% dei 295 edifici del campione, sono stati progettati prima del 1945.

Nel dopoguerra, sino agli anni '60, gli edifici in muratura del campione sono più numerosi di

quelli in c.a. In particolare, in questo periodo ricadono 53 edifici con struttura in muratura e 34 in c.a.

Con riferimento alle costruzioni in c.a., si osserva che l'11% degli edifici ha più di 70 anni, mentre il 66% degli edifici, per un totale di 202, è stato realizzato tra il 1962 e il 1981.

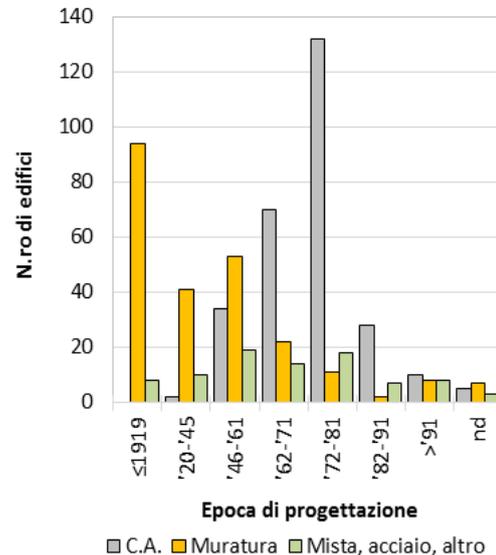


Figura 10. Epoca di progettazione degli edifici per tipologia costruttiva

#### 4 INTERVENTI FINANZIATI E LIVELLI DI SICUREZZA

I finanziamenti concessi (Figura 11) sono per lo più relativi a interventi di miglioramento sismico (827 edifici), pari a circa l'83% del campione. Per il restante 17% del campione, gli interventi finanziati sono distribuiti tra rafforzamento locale (8%) e demolizione e ricostruzione (9%). Per 6 edifici non è nota la tipologia di intervento.

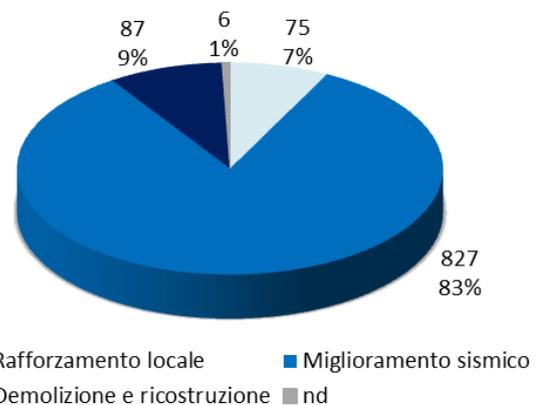


Figura 11. Tipologie di interventi finanziati

La distribuzione percentuale di edifici per tipologia di intervento finanziato rispetto al totale di edifici di ciascuna tipologia costruttiva è riportata in Figura 12. Dal grafico si osserva che,

<sup>2</sup>Articolo 11 c.1 delle ordinanze attuative.

indipendentemente dalla tipologia costruttiva, gli interventi di miglioramento risultano sempre essere quelli prevalenti (86% nel caso di edifici in c.a., 84% per edifici in muratura, 81% per edifici con tipologia costruttiva mista, acciaio o altro).

Gli interventi di rafforzamento locale presentano percentuali più basse rispetto agli interventi di demolizione e ricostruzione solo nel caso di edifici in c.a. (6% vs 8%). Per le restanti tipologie costruttive, si registra un trend opposto con una prevalenza di interventi di rafforzamento locale (10% edifici in muratura; 13% edifici con tipologia costruttiva mista, acciaio o altro) rispetto a quelli di demolizione e ricostruzione (6% edifici in muratura; 6% edifici con tipologia costruttiva mista, acciaio o altro).

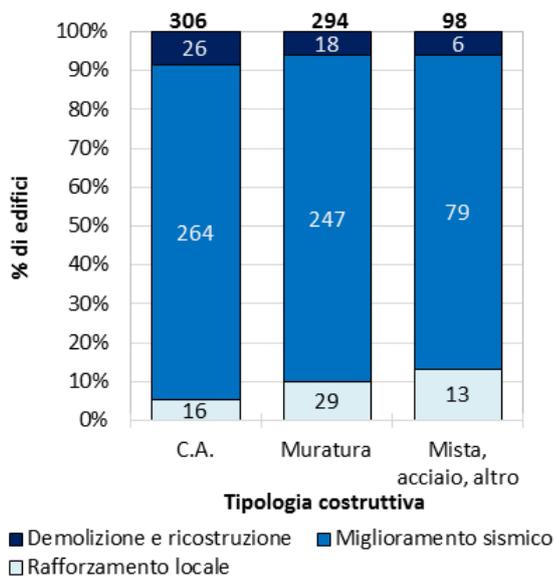


Figura 12. Percentuale di edifici per tipologia di intervento rispetto al totale di edifici per tipologia costruttiva

La Figura 13 prende in esame la distribuzione degli indici di rischio allo SLV ( $\alpha_{SLV}$ ) per un totale di 935 edifici per i quali il dato è riportato nelle verifiche tecniche eseguite ai sensi dell'OPCM 3274/2003, prima dell'intervento, in relazione al tipo di intervento finanziato.

Gli indici di rischio sono ripartiti in 8 intervalli, ognuno di ampiezza 0.1 (0-0.1; 0.1-0.2;...; 0.7-0.8) e per ognuno di essi in Figura 13 è riportata la distribuzione percentuale degli edifici al variare della tipologia di intervento.

Il grafico mette in evidenza come più della metà degli interventi complessivamente finanziati siano effettuati su edifici caratterizzati da indici di rischio relativamente bassi, inferiori a 0.2. Guardando i numeri in assoluto per ogni intervallo di indice di rischio, si osserva come ben 244 edifici oggetto di intervento presenti indici  $\alpha_{SLV}$  inferiori a 0.1, mentre il numero di edifici con  $\alpha_{SLV}$  minore o uguale a 0.2 ammonta

complessivamente a 504 (circa il 54% del campione), con conseguente contributo concesso pari al massimo del contributo concedibile in funzione dell'intervento richiesto.

Gli edifici con indici  $\alpha_{SLV}$  compresi tra 0.2 e 0.8 ammontano percentualmente al 46% del campione. Per questi, il contributo concesso, come previsto dalle ordinanze, è stato inversamente proporzionale al valore dell' $\alpha_{SLV}$ , secondo i parametri forniti al §2.

Guardando alla correlazione tra indici di rischio e tipologia di intervento, si evince, inoltre, un chiaro andamento. La percentuale di interventi di rafforzamento locale cresce al crescere degli indici di rischio (5% per edifici con indice di rischio compreso tra 0 e 0.1 vs. 22% per edifici con indici di rischio compreso tra 0.7 e 0.8). Di contro, gli interventi di demolizione e ricostruzione risultano essere adottati prevalentemente per edifici con indici di rischio bassi, inferiori a 0.3 e non sono in ogni caso presenti per indici di rischio superiori a 0.5.

Questo andamento è coerente con la adozione della demolizione e ricostruzione in casi particolari in cui il miglioramento non avrebbe consentito il raggiungimento dei valori minimi richiesti dalle ordinanze. Parimenti, si osserva che il rafforzamento locale è invece adottato via via in percentuale maggiore, all'aumentare dell'indice di rischio, escludendo quindi situazioni più gravose sotto il profilo della sicurezza, ove tale intervento non sarebbe stato risolutivo oltre che non consentito dalle ordinanze.

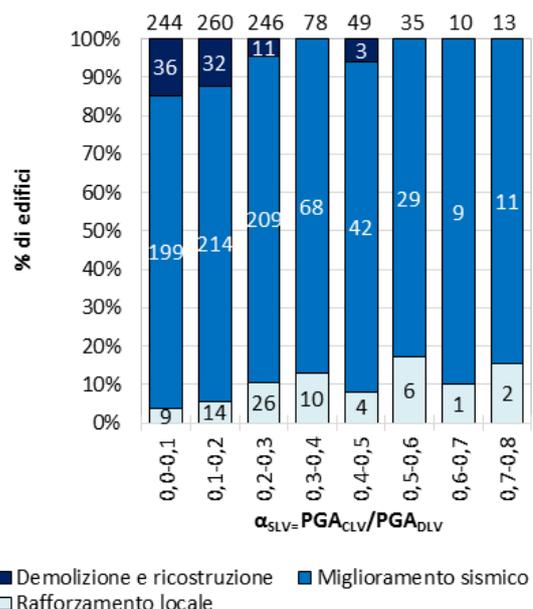


Figura 13. Indici di rischio allo SLV in funzione della tipologia costruttiva

Dal punto di vista economico, sul campione di edifici ad oggi disponibile, sono stati stanziati 26.2 ML di Euro per interventi di rafforzamento locale su 75 edifici, 483.6 ML di Euro per interventi di miglioramento sismico su 824 edifici e 68.4 ML di Euro per interventi di demolizione e ricostruzione su 87 edifici, per un totale di 578.4 ML di Euro. Vale la pena evidenziare che tale importo è più basso rispetto a quello evidenziato in Tabella 1 (584 ML di Euro), in quanto quest'ultima include anche le opere infrastrutturali non oggetto della presente analisi.

Si osservi che per 283 edifici sono stati attivati dei cofinanziamenti da parte delle Regioni o degli enti locali. Tale cofinanziamento si è sostanziato in 2.5 ML di Euro per interventi di rafforzamento locale su 24 edifici, 60 ML di Euro per interventi di miglioramento sismico su 230 edifici e 10 ML di Euro per interventi di demolizione e ricostruzione su 29 edifici, per un totale di 73.5 ML di Euro. Anche in questo caso valgono le osservazioni già fatte a proposito della coerenza con gli importi della Tabella 1.

## 5 INTERVENTI CONCLUSI E INCREMENTI DI SICUREZZA

Ad oggi risultano conclusi 293 interventi su edifici strategici e/o rilevanti (29% su 995 interventi finanziati) articolati in 38 interventi di rafforzamento locale, 246 di miglioramento sismico e 9 di demolizione e ricostruzione.

La Figura 14 mostra che la tempistica di realizzazione dell'intervento, espressa in termini di giorni, è strettamente legata alla tipologia di intervento. Decorrendo dalla data di affidamento della progettazione, essa comprende non solo i giorni necessari per la esecuzione dei lavori fino al relativo collaudo, ma anche il tempo intercorrente tra l'affidamento della progettazione e la successiva fase di espletamento delle procedure di appalto fino all'aggiudicazione dei lavori.

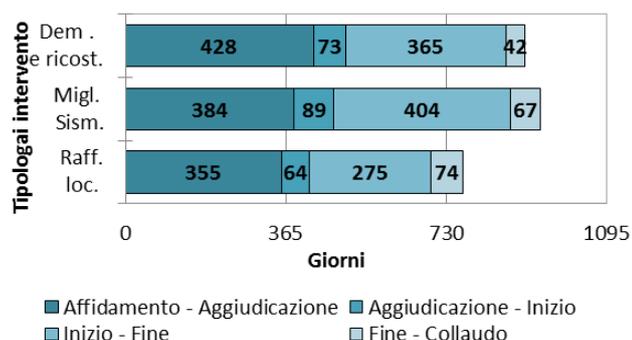


Figura 14. Tempistiche di attuazione degli interventi

Nel caso di edifici con interventi di miglioramento è stato possibile quantificare, su una quota parte di quelli conclusi, non solo il livello di sicurezza delle strutture nella condizione pre-intervento,  $\alpha_{SLV,ante}$ , rispetto all'adeguamento sismico ai sensi DM 2008 ( $\alpha_{SLV} = PGA_{CLV}/PGA_{DLV} = 1$ , ovvero 100% in termini percentuali), ma anche il beneficio in termini di sicurezza sismica indotto dal progetto di miglioramento sismico, identificando in maniera univoca, e indipendente dal sito di costruzione, il livello di sicurezza raggiunto,  $\alpha_{SLV,post}$ .

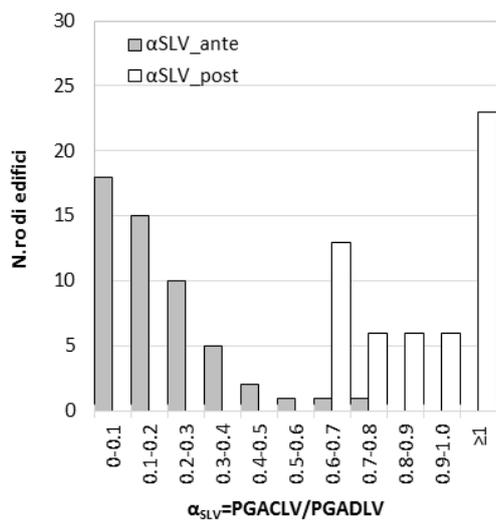
Gli indicatori di rischio  $\alpha_{SLV,ante}$  e  $\alpha_{SLV,post}$  sono riportati in Figura 15, con riferimento a un campione di 141 interventi conclusi (65% sul totale di edifici con interventi di miglioramento sismico), di cui 54 edifici in c.a. (Figura 15a), 69 edifici in muratura (Figura 15b) e 18 edifici con tipologia costruttiva mista, acciaio o altro (Figura 15c). Indipendentemente dalla tipologia costruttiva risulta che circa l'80% degli edifici ha un  $\alpha_{SLV,ante}$  minore di 0.4, anche se differenti sono le distribuzioni per gli edifici in c.a. e in muratura al variare delle classi dei livelli di sicurezza.

Mettendo a raffronto l'andamento degli  $\alpha_{SLV,ante}$  nei tre grafici di Figura 15 (a, b, c) si può osservare come la distribuzione nel caso del c.a. presenti un chiaro trend decrescente al crescere dell'indice di rischio, mentre nel caso della muratura la moda della distribuzione sia in corrispondenza dell'intervallo  $\alpha_{SLV,ante}$  0.2-0.3.

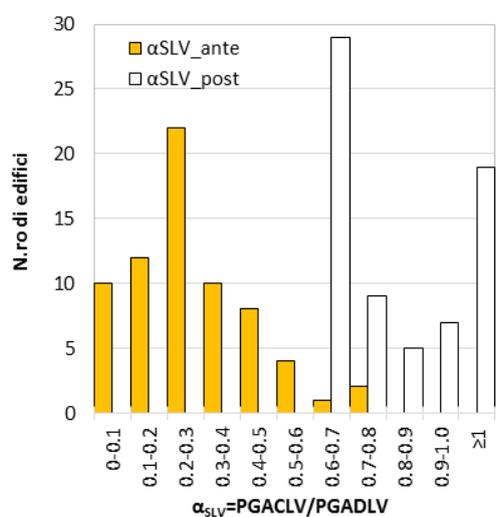
Tali distribuzioni mettono in evidenza come per il c.a. si siano privilegiati, nella programmazione degli interventi, gli edifici con più basso indice di rischio. Nel caso della muratura si può pensare che le modalità di verifica delle norme consentano di valorizzare le riserve di resistenza degli edifici in muratura più che per gli edifici in c.a. Per le altre tipologie (mista, acciaio e altro) un andamento decrescente, seppur poco accentuato, è riconoscibile.

Si osserva inoltre, negli  $\alpha_{SLV,ante}$ , che nel 5% dei casi (pari a 9 edifici di cui 3 in c.a., 4 in muratura e 2 in altra tipologia costruttiva), gli edifici presentavano un indice superiore alla soglia minima (60% dell'adeguamento sismico) da raggiungere con il miglioramento sismico, come previsto dalle ordinanze attuative.

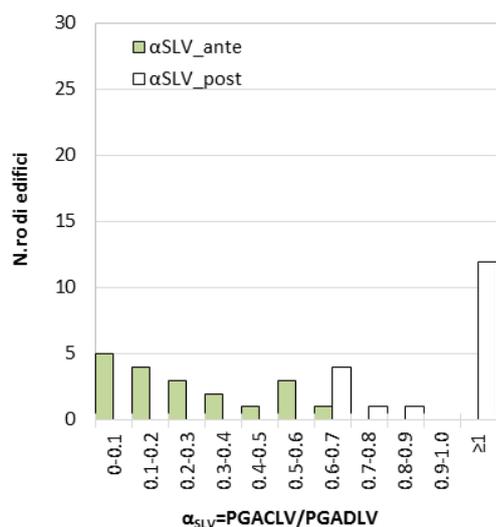
Per quanto concerne gli  $\alpha_{SLV,post}$ , si osserva che per 46 edifici dei 141 del campione, pari al 33% del campione, si è portato il livello di sicurezza a un valore di  $\alpha_{SLV,post}$  compreso tra 0.6 e 0.7, e quindi di poco superiore alla soglia minima prevista dalle ordinanze per il conseguimento del miglioramento (60%).



(a)



(b)



(c)

Figura 15. Livello di sicurezza  $\alpha_{SLV}$  nelle configurazioni pre e post intervento per edifici in c.a. (a); muratura (b) e mista, acciaio, altro (c)

Si osservi, inoltre, che per 54 edifici dei 141, pari al 38% del campione, si è raggiunta, o

superata, la soglia dell'adeguamento sismico ai sensi del DM 2008 (100%, corrispondente ad  $\alpha_{SLV\_post} = 1$ ). Tale percentuale sale al 56% se si considera che, per gli edifici esistenti, la soglia dell'adeguamento è stata abbassata all'80% dal DM 2018.

È opportuno sottolineare che nonostante l'adeguamento sismico non sia tra le tipologie di intervento per cui sono stati concessi i contributi ai sensi delle ordinanze, il raggiungimento della soglia di adeguamento è stato conseguito grazie ad un cofinanziamento da parte degli Enti competenti o nei casi in cui il livello di sicurezza ante intervento ( $\alpha_{SLV\_ante}$ ) risultava maggiore del livello minimo da raggiungere fissato dalle ordinanze per il miglioramento sismico (60%). Per 5 edifici sono state riscontrate entrambe le condizioni: sia cofinanziamenti sia indici  $\alpha_{SLV\_ante}$  maggiori di 0.6.

Raggruppando gli incrementi dei livelli di sicurezza,  $\Delta\alpha_{SLV}$  (intesi come differenza tra  $\alpha_{SLV\_post}$  e  $\alpha_{SLV\_ante}$ ) in intervalli, e valutando, per ciascuno di essi, la distribuzione percentuale della tipologia costruttiva, si possono fare alcune interessanti osservazioni. È opportuno ricordare che le ordinanze stabiliscono un incremento minimo di sicurezza pari al 20% (§2): per questo gli intervalli inferiori a 0.2, nel grafico di Figura 16, risultano vuoti.

Si può osservare che le distribuzioni del numero di edifici al variare del livello di sicurezza risultano differenti per le tre tipologie costruttive. Nello specifico, gli edifici in muratura presentano un trend crescente fino a un incremento del livello di sicurezza pari a 0.5, con un picco di 16 edifici (su 69), e poi decrescente fino a 5 edifici con indice di sicurezza  $>1$ . Per quanto riguarda i 54 edifici in c.a. si riscontra una distribuzione bimodale con valori massimi negli intervalli  $\Delta\alpha_{SLV}$  0.4-0.5 (9 edifici) e 0.8-0.9 (11 edifici).

Inoltre, dalla Figura 16, si evince che nell'intervallo compreso tra 0.2 e 0.7 il numero di edifici in muratura risulta essere maggiore a quello degli edifici in c.a., mentre nell'intervallo successivo (0.7-1) si registra un trend opposto.

Infine l'esiguo campione di edifici (18) in altra tipologia costruttiva (mista, acciaio, altro) non presenta una distribuzione ben definita: oltre il 60% del campione presenta variazioni del livello di sicurezza superiori a 0.7.

In ogni caso, nel 49% del campione di 141 edifici, corrispondenti a 69 edifici, l'incremento del livello di sicurezza è risultato maggiore del 60%. In media, l'incremento del livello di sicurezza è risultato pari al 67% per gli edifici in c.a., al 56% per gli edifici in muratura e al 70%

per gli edifici con altra tipologia costruttiva (mista, acciaio, altro).

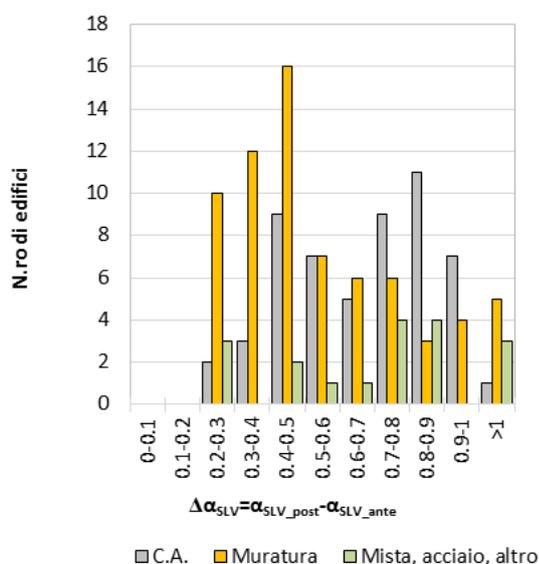


Figura 16. Variazione dell'incremento di sicurezza  $\Delta\alpha_{SLV}$  a seguito della realizzazione dell'intervento di miglioramento sismico

Al fine di valutare l'efficienza dell'intervento di miglioramento, in Figura 17 si riporta la distribuzione degli edifici in c.a., muratura e altra tipologia costruttiva in funzione del rapporto tra i costi per metro cubo (finanziati mediante le ordinanze ed eventualmente cofinanziati per raggiungere l'adeguamento) e l'incremento percentuale del livello di sicurezza,  $\Delta\alpha_{SLV}$ , ottenuto ad intervento eseguito.

Il grafico mostra che per oltre il 53% del campione (75 edifici su 141) sono stati impiegati meno di 2 €/mc per aumentare di un punto percentuale il livello di sicurezza, e comunque per il 96% del campione (135 edifici su 141) sono stati impiegati meno di 6 €/mc per il medesimo incremento percentuale del livello di sicurezza. Solo per 2 edifici (1% del campione) sono stati spesi oltre 10 €/mc per il medesimo incremento di sicurezza.

Sebbene le distruzioni abbiano un trend decrescente indipendentemente dalla tipologia costruttiva, si evidenzia, a parità di incremento di sicurezza, la maggiore onerosità degli interventi su edifici in muratura rispetto a quelli in c.a. Oltre il 72% degli edifici in muratura presenta un rapporto tra costo unitario e incremento di sicurezza superiore a 2 €/mc per aumentare di un punto percentuale il livello di sicurezza; per gli edifici in c.a., invece, tale percentuale si riduce al 33%.

Mediamente, per ottenere l'incremento di un punto percentuale dell'indice di sicurezza, sono stati impiegati 2.1 €/mc per gli edifici in c.a., 3.0

€/mc per gli edifici in muratura e 2.15 €/mc per gli edifici con altra tipologia costruttiva (mista, acciaio, altro).

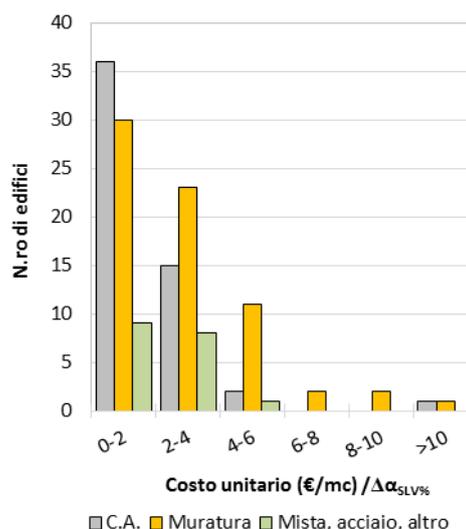


Figura 17. Distribuzione del costo unitario di intervento rapportato all'incremento di sicurezza  $\Delta\alpha_{SLV}$  in percentuale, per le tre tipologie costruttive

## 6 CONCLUSIONI

Le analisi statistiche condotte sulle caratteristiche degli edifici strategici e/o rilevanti ad oggi finanziati (995) e sugli interventi ad oggi conclusi (293), forniscono indicazioni utili per indirizzare le future azioni di prevenzione.

Le analisi evidenziano come le tempistiche medie di attuazione degli interventi, di circa due anni e mezzo (per il miglioramento sismico) a partire dall'affidamento della progettazione, consentiranno di avere un quadro significativamente più avanzato del ciclo settennale di finanziamenti (2010-2016) non prima della fine del 2020, considerato che a marzo 2019 per 491 interventi è stata affidata la progettazione o sono in corso i lavori.

Particolarmente utile nella definizione di strategie di prevenzione è il risultato dell'analisi dei costi unitari degli interventi di miglioramento sismico, riferiti all'incremento di sicurezza conseguito con il relativo investimento economico.

È importante sottolineare come le risorse statali messe in campo abbiano agito da volano nell'attivare altre risorse (cofinanziamenti) da parte degli Enti pubblici e dei soggetti privati beneficiari dei contributi, contribuendo ad incrementare i livelli di sicurezza del patrimonio strategico e/o pubblico soggetto ad interventi.

Le analisi svolte forniscono, inoltre, una misura della coerenza nella programmazione degli interventi da parte delle Regioni coinvolte,

per quanto ad esempio riguarda la buona correlazione evidenziata tra tipologie di intervento ed indici di rischio ante-operam.

L'attuazione del Piano risente, d'altra parte, di una notevole disomogeneità per quanto riguarda il livello di partecipazione al Piano da parte di Regioni ed Enti locali. Aspetto questo che, assieme ad altri evidenziati in questo lavoro, potrà meglio indirizzare le attività di prevenzione future.

## RINGRAZIAMENTI

Un ringraziamento va alle 17 Regioni che hanno preso parte al Piano Nazionale della Prevenzione sismica ed in particolare agli Uffici coinvolti nell'attuazione della linea di finanziamento relativa agli interventi su edifici pubblici: per la Regione Abruzzo: Dipartimento opere pubbliche, governo del territorio e politiche ambientali. Servizio Prevenzione dei Rischi di Protezione Civile – DPC029 – Ufficio “Rischio Sismico”; per la Regione Basilicata: Dipartimento Infrastrutture e mobilità – Ufficio Edilizia e Opere pubbliche e Dipartimento politiche di sviluppo, lavoro, formazione e ricerca – Ufficio Gestione Regimi di Aiuto, Infrastrutture sportive, culturali e ambientali; per la Regione Calabria: Dipartimento 6 – Infrastrutture – Lavori Pubblici – Mobilità – Settore 5 – Lavori Pubblici; per la Regione Campania: Direzione Generale per il Governo del Territorio, i Lavori Pubblici e la Protezione Civile; per la Regione Emilia-Romagna: Direzione Generale cura del territorio e dell'ambiente – Servizio geologico, sismico e dei suoli; per la Regione Friuli-Venezia Giulia: Direzione centrale infrastrutture e territorio – Area interventi a favore del territorio – Servizio edilizia; per la Regione Lazio: Direzione Regionale Ambiente – Area Difesa del Suolo e Consorzi di irrigazione – Struttura Rischi Naturali; per la Regione Liguria: Dipartimento territorio, ambiente, infrastrutture e trasporti – Settore Protezione Civile; per la Regione Lombardia: Direzione Generale Territorio e Protezione Civile – Unità Organizzativa Prevenzione Rischi Naturali e Risorse Idriche; per la Regione Marche: Giunta Regionale – Servizio tutela, gestione e assetto del territorio; per la Regione Molise: IV Dipartimento della Presidenza della Giunta Regionale – Servizio Protezione Civile; per la Regione Piemonte: Direzione Opere Pubbliche, Difesa del Suolo, Montagna, Foreste, Protezione civile, Trasporti e Logistica – Sismico; per la Regione Puglia: Dipartimento Mobilità, Qualità Urbana, Opere Pubbliche, Ecologia e Paesaggio – Sezione Difesa del Suolo e Rischio Sismico – Servizio Sismico; per la Regione Sicilia: Dipartimento Regionale della Protezione Civile – Servizio rischi sismico e vulcanico – S.3 – Rischio sismico; per la Regione Toscana: Direzione Ambiente ed Energia – Settore Sismica – Prevenzione sismica; per la Regione Umbria: Direzione regionale Governo del territorio e Paesaggio. Protezione civile. Infrastrutture e mobilità – Servizio Rischio sismico e programmazione interventi sul rischio idrogeologico; per la Regione Veneto: Area Tutela e Sviluppo del Territorio – Direzione Infrastrutture Trasporti e Logistica – Unità Organizzativa Lavori Pubblici.

Si ringrazia inoltre Maria Isabella Verbicario per il supporto alle attività di elaborazione e monitoraggio.

## RIFERIMENTI

- Commissione tecnica per la Microzonazione sismica (CTMS), 2014. *Manuale per l'analisi della Condizione Limite per l'Emergenza (CLE) dell'insediamento urbano*. draft 1.0. Betmultimedia, Rome.
- Decreto Ministeriale 14 gennaio 2008 "Approvazione delle nuove norme tecniche per le costruzioni", pubblicato sul *Supplemento Ordinario n. 30 della Gazzetta Ufficiale n. 29 del 4.02.2008*.
- Decreto Ministeriale 17 gennaio 2018 "Approvazione dell'aggiornamento delle norme tecniche per le costruzioni", pubblicato sul *Supplemento Ordinario n. 42 della Gazzetta Ufficiale del 20.02.2018*.
- Dolce, M., 2012. The Italian National Seismic Prevention Program. *Proceedings of 15th World Conference on Earthquake Engineering*. September 24-28, Lisbon.
- Dolce M., Speranza E., Bocchi F. and Conte C.; 2017: Il metodo I.OPà.CLE per la formulazione ed il calcolo di Indici di Operatività per la valutazione della Condizione Limite di Emergenza. In: *Atti 17th Congresso ANIDIS, L'Ingegneria Sismica in Italia*, Pistoia, Italy, SG03, pp. 1-12.
- Dolce M., Speranza E., Bocchi F. and Conte C.; 2018: Probabilistic assessment of structural operational efficiency in emergency limit conditions: the I.OPà.CLE method. *Bull. Earthquake Eng.*, (2018) 16:3791, doi:10.1007/s10518-018-0327-7.
- Dolce M., Brammerini F., Castenetto S. & Naso G; 2019: The Italian policy for Seismic Microzonation. *Proc. 7th International Conference on Earthquake Geotechnical Engineering (VII ICEGE)*. Rome.
- INU, 2013. Strategie di mitigazione del rischio sismico e pianificazione - CLE: Condizione Limite per l'Emergenza. *Urbanistica Dossier*.
- Legge 24 giugno 2009, n. 77, conversione in legge, con modificazioni, del decreto-legge 28 aprile 2009, n. 39, recante interventi urgenti in favore delle popolazioni colpite dagli eventi sismici nella regione Abruzzo nel mese di aprile 2009 e ulteriori interventi urgenti di protezione civile, pubblicata nella *Gazzetta Ufficiale n.147 del 27.06.2009*.
- Legge 11 dicembre 2016 n.232, Bilancio di previsione dello Stato per l'anno finanziario 2017 e bilancio pluriennale per il triennio 2017-2019, pubblicata su *Supplemento Ordinario n.57 della Gazzetta Ufficiale n. 297 del 21.12.2016*.
- Legge 20 dicembre 2018 n.145, Bilancio di previsione dello Stato per l'anno finanziario 2019 e bilancio pluriennale per il triennio 2019-2021, pubblicata su *Supplemento Ordinario n.62 della Gazzetta Ufficiale n.302 del 21.12.2018*.
- Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri 20 marzo 2003 n.3274, “Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica”, pubblicata sul *Supplemento Ordinario n.72 della Gazzetta Ufficiale del 08.05.2003*.
- Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri 28 aprile 2006 n.3519, “Criteri generali per l'individuazione delle zone sismiche e per la formazione e l'aggiornamento degli elenchi delle medesime zone”, pubblicato sulla *Gazzetta Ufficiale serie Generale n.108 del 11.05.2006*.
- Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri 19 gennaio 2010 n. 3843: ulteriori interventi urgenti per il

terremoto in Abruzzo del 6 aprile 2009, pubblicata nella  
*Gazzetta Ufficiale n.23 del 29 gennaio 2010.*

Piano Nazionale per la prevenzione del rischio sismico,  
[http://www.protezionecivile.gov.it/attivita-  
rischi/rischio-sismico/attivita/piano-nazionale-  
prevenzione-rischio](http://www.protezionecivile.gov.it/attivita-rischi/rischio-sismico/attivita/piano-nazionale-prevenzione-rischio)