



Una metodologia per lo sviluppo di mappe di rischio sismico per il patrimonio edilizio residenziale in Italia e la valutazione della sostenibilità finanziaria di piani di riduzione del rischio

Mariano Angelo Zanini^a, Lorenzo Hofer^a, Flora Faleschini^{a,b}, Klajdi Toska^a, Carlo Pellegrino^a

^a Dipartimento di Ingegneria Civile, Edile e Ambientale, Università degli Studi di Padova, Via Marzolo, 35131 Padova, Italy

^b Dipartimento di Ingegneria Industriale, Università degli Studi di Padova, Via Gradenigo 6/A, 35131 Padova, Italy

Keywords: mappa di rischio sismico, Perdita Annuale Media, riduzione del rischio sismico, analisi finanziaria.

ABSTRACT

Il presente lavoro illustra i risultati di uno studio pluriennale che ha portato alla costruzione delle mappe di rischio sismico per il patrimonio edilizio residenziale italiano, tramite l'applicazione di una procedura basata sulla simulazione di scenari sismici ed il calcolo di una serie di indici di rischio sismico a scala territoriale derivati dalla stima della Perdita Annuale Media Comunale (*Municipal Expected Annual Loss – MEAL*). Per gli oltre 43'000 scenari sismici simulati si è valutato il relativo impatto economico in termini di costi per la riparazione del danno sismico in ciascuno degli 8081 comuni italiani, per un numero totale di stime di perdita superiore ai 350'000'000. Le stime di rischio qui ottenute sono state derivate adottando modelli di pericolosità ed esposizione (MPS04, ISTAT2011) e caratterizzando la fragilità sismica degli edifici residenziali, tramite l'uso di set di curve di fragilità per una tassonomia comprensiva di 8 classi tipologiche di edifici. Successive elaborazioni sono state svolte sui risultati ottenuti, nell'ottica di fornire delle mappature del rischio sismico ai differenti livelli amministrativi (comunale, provinciale, regionale) in maniera tale da poter essere usate nella definizione della distribuzione di risorse destinate allo sviluppo di piani territoriali di mitigazione del rischio sismico. Sono state sviluppate anche mappe di rischio sismico di carattere qualitativo con finalità prettamente divulgativa, per una comunicazione più immediata del livello di rischio alla cittadinanza. Infine, è stata valutata la sostenibilità finanziaria di un possibile piano nazionale di mitigazione del rischio sismico del patrimonio residenziale italiano, introducendo differenti possibili schemi di contribuzione integrativa tramite la creazione di una aliquota fiscale specifica per la copertura dei costi battezzata aliquota fiscale per la riduzione del rischio sismico (ARS).

1 INTRODUZIONE

Ridurre le perdite economiche indotte da eventi sismici rappresenta una delle più importanti sfide del nostro tempo. Tale obiettivo richiede una conoscenza approfondita dei vari elementi che concorrono alla definizione del rischio sismico di un territorio, partendo dal livello della sismicità, valutando la suscettibilità al danneggiamento dell'edificato, e stimando l'impatto economico che il danneggiamento

sismico genera. Il problema è particolarmente sentito in Italia, vista la frequenza e la violenza con cui i terremoti causano rilevanti perdite. Il Parlamento italiano ha pertanto deciso di intraprendere una politica d'incentivazione degli interventi di adeguamento/miglioramento sismico delle costruzioni esistenti, con i provvedimenti previsti dalla Legge 11 dicembre 2016 n. 232, cui ha fatto seguito il recente Decreto Ministeriale 7 marzo 2017 n. 65, che definisce una metodologia di stima del rischio sismico basata sulla definizione di una coppia d'indicatori

tecnico-economici, che vogliono rappresentare il livello di sicurezza strutturale (IS-V) e il valore di perdita media annua (PAM) di una costruzione esistente. Un edificio esistente oggetto di riqualificazione antisismica vede quindi migliorare il *rating* di tali indicatori, e l'entità di tale miglioramento permette di usufruire delle agevolazioni fiscali definite dalla succitata legge. Tuttavia, sebbene il rischio sismico possa considerarsi non trascurabile sull'intero territorio italiano, esistono aree maggiormente esposte.

Saper redigere una mappa del rischio sismico risulta inoltre fondamentale qualora si debba andare a delineare un piano nazionale di riduzione del rischio sismico, in quanto, a tal proposito, risulta necessario quantificare il rischio sismico *ante e post operam*, stimando così i relativi benefici. Il prezzo da pagare per l'ottenimento di tali benefici è rappresentato dai costi da sostenere per la realizzazione di interventi strutturali volti al rinforzo antisismico dell'*asset* oggetto di interesse. Risulta pertanto evidente come il problema si possa ricondurre alla trattazione finanziaria applicabile alla classica casistica di un investimento economico, e pertanto, si debba procedere ad un'attenta analisi della sua sostenibilità finanziaria.

Il presente contributo fornisce una breve ma esaustiva descrizione della metodologia utilizzata dagli autori per la costruzione della mappa di rischio sismico per il patrimonio edilizio residenziale italiano, partendo dai modelli attualmente disponibili per la caratterizzazione della pericolosità sismica, della distribuzione spaziale del valore esposto e dalla caratterizzazione statistica della vulnerabilità sismica delle varie tipologie edilizie presenti sul territorio nazionale. Viene inoltre descritto un esempio d'implementazione di un possibile piano di mitigazione del rischio sismico alla scala nazionale, illustrando dal punto di vista metodologico i passi da seguire per analizzarne la sostenibilità finanziaria. Per gli specifici dettagli e le varie assunzioni si può far riferimento ai contributi su rivista internazionale recentemente pubblicati (Zanini et al. 2018; Zanini et al. 2019).

2 METODOLOGIA PER LA COSTRUZIONE DELLE MAPPE DI RISCHIO SISMICO

E' anzitutto stato assunto un modello sismogenetico in grado di caratterizzare la sismicità del territorio italiano: la scelta è ricaduta sul modello sismogenetico utilizzato per lo sviluppo delle vigenti mappe di pericolosità (ZS9, Meletti et al. 2008) consistente in 36 zone sismogenetiche (Figura 1a) caratterizzate da leggi di ricorrenza Gutenberg-Richter, i cui parametri sono stati definiti in accordo a Barani et al. (2009). Successivamente è stata definita una griglia di calcolo di *mesh* pari a 5 km, e sono stati identificati complessivamente 7237 epicentri appartenenti alle aree coperte dal modello sismogenetico: ogni zona sismogenetica è stata pertanto caratterizzata da un numero di epicentri di calcolo proporzionale alla sua estensione superficiale. In seguito, per ciascun epicentro di calcolo sono stati computati 6 scenari sismici di magnitudo equispaziate e comprese all'interno del *range* di magnitudo definito per ciascuna sorgente sismogenetica (Barani et al. 2009). Per ognuno dei 43'422 scenari sismici si è valutato lo scuotimento in corrispondenza degli 8'084 centroidi comunali utilizzando la legge di attenuazione proposta da Bindi et al. (2011), andando così a costruire una *shakemap* per ciascun evento in termini di accelerazione di picco al suolo (PGA), per un totale di 351'023'448 stime di PGA. Data la sostanziale assenza di zone sismogenetiche insistenti sul territorio sardo, si è deciso di non considerare la regione nelle successive elaborazioni utilizzate per la quantificazione delle perdite dirette.

Il patrimonio edilizio residenziale è stato spazialmente rappresentato utilizzando i dati censuari ISTAT2011 (Istituto Nazionale di Statistica, 2011) dettagliati alla scala municipale, e considerando un valore unitario di costo di ricostruzione assunto omogeneo sull'intero territorio nazionale pari a 1200 €/m². In Figura 1b viene riportato il modello di esposizione utilizzato per il calcolo della mappa del rischio sismico.

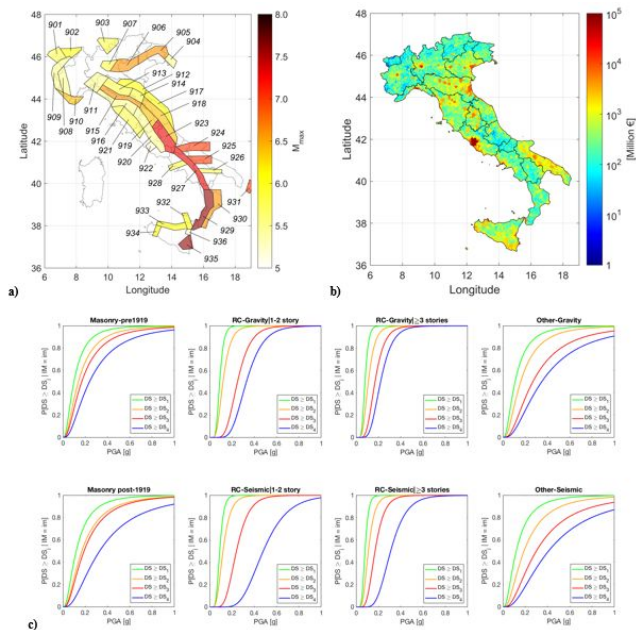


Figura 1: Modelli adottati per la costruzione della mappa del rischio sismico in Italia: modello sismogenetico ZS9 (a), carta del valore esposto (b), tassonomia tipologie edilizie e relative curve di fragilità (c).

Sulla base dei dati disponibili nel modello di esposizione, è stata definita una specifica tassonomia per la caratterizzazione della vulnerabilità sismica del patrimonio edilizio residenziale nazionale. Nello specifico, sono state considerate 2 classi di edifici in muratura (pre-1919 e post-1919), 2 classi di edifici con struttura portante a telaio in calcestruzzo armato non progettati sismicamente (con numero di piani al massimo pari a 2, o superiore ai 3), 2 classi di edifici con struttura portante a telaio in calcestruzzo armato progettati per resistere alle azioni sismiche (con numero di piani al massimo pari a 2, o superiore ai 3), e 2 classi di edifici a struttura mista muratura-calcestruzzo armato non progettati sismicamente e resistenti alle azioni sismiche. Per ciascuna delle 8 tipologie strutturali è stato adottato un set di curve di fragilità (Figura 1c), e sono stati definiti i rispettivi rapporti di costo di ricostruzione, necessari per il calcolo della perdita economica attesa corrispondente al dato livello di PGA dato dalle varie *shakemaps* (Zanini et al. 2018).

Complessivamente sono stati considerati 5 livelli di danneggiamento crescente (DS0 - nessun danno, DS1 - danno lieve, DS2 - danno moderato, DS3 - danno esteso, DS4 - collasso), e per ciascuno di essi sono state definite le percentuali di costo di riparazione unitario relative adimensionalizzate rispetto al valore di

costo di ricostruzione unitario, ed assunte pari a 0%, 15%, 40%, 65% e 100% rispettivamente per ciascuno dei 5 stati di danno precedentemente elencati, sulla base di alcune rielaborazioni svolte a partire dai dati presentati in Dolce e Manfredi (2015).

Per ciascun scenario si è quindi proceduto alla stima del costo di riparazione unitario delle 8 tipologie edilizie considerate in ognuno degli 8'084 centroidi comunali, e successivamente sono stati calcolati i valori assoluti per tipologia ed infine aggregando i totali comunali.

Stimate le perdite totali comunali indotte dai 43'422 scenari sismici simulati, si è passati quindi al calcolo dei valori di Perdita Annuale Media Comunale (PAMC) tramite il procedimento descritto nel dettaglio in Zanini et al. (2019). Il calcolo della PAMC consiste sostanzialmente nella sommatoria dei valori di PAMC generati da ciascuna delle 36 zone sismogenetiche. Il contributo al PAMC fornito dalla sismicità di una generica zona sismogenetica viene calcolato tramite integrazione di una funzione lineare a tratti, i cui vertici sono rappresentati da coppie di punti nel piano tasso annuo medio di superamento di un evento di data magnitudo ν_M vs. valore di perdita assoluta comunale L_c , corrispondente ad un frattile ritenuto di interesse dall'analista del rischio (ad esempio il valor medio, o percentili rappresentativi dei *range* interquartili e della mediana) generata da quel dato evento. Nel presente lavoro la funzione lineare a tratti si caratterizza tramite 6 coppie di punti $\nu_M - L_c$, alle quali vengono aggiunti due punti di costruzione per la chiusura della funzione utili per permettere il successivo calcolo integrale.

3 MAPPE DI RISCHIO SISMICO ALLA SCALA COMUNALE, PROVINCIALE E REGIONALE

Tramite la stima dei valori di PAMC per ciascun comune della penisola, è stato possibile andare successivamente a redigere la mappa del rischio sismico per il patrimonio edilizio residenziale italiano (Figura 2a): tale mappa permette una restituzione grafica immediata della distribuzione spaziale del rischio sismico in termini assoluti, rappresentando di fatto l'importo economico che, in termini medi, annualmente ogni comune dovrebbe stanziare per far fronte ai

costi di riparazione dei danni potenzialmente subiti dal patrimonio residenziale a causa dell'occorrenza di eventi sismici sul territorio nazionale.

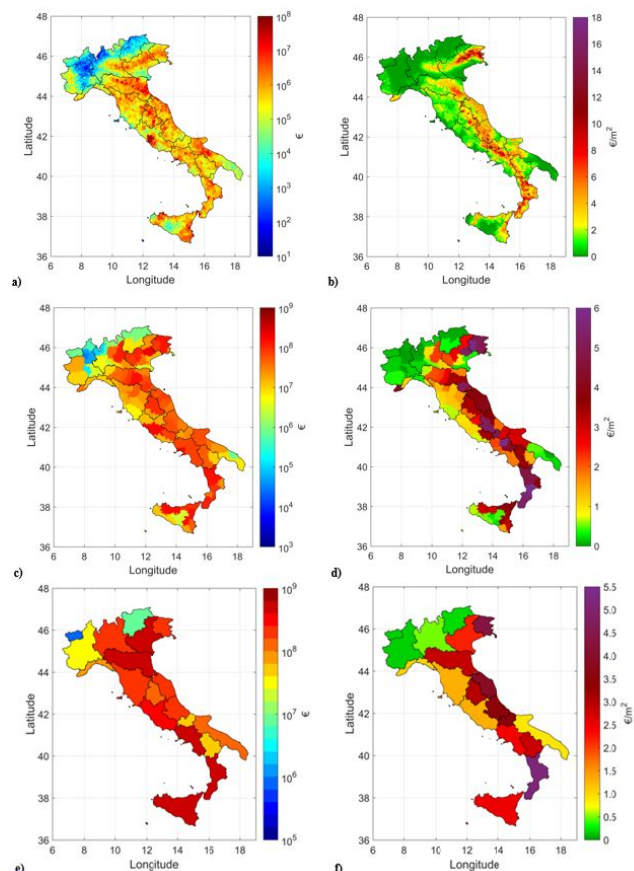


Figura 2: La mappa del rischio sismico in Italia: livello municipale (a, b), provinciale (c, d) e regionale (e, f), espresse in termini assoluti (a, c, e, in €) e relativi (b, d, f, in €/m²).

In tali termini, risulta evidente come la dimensione del valore esposto comunale giochi ruolo preponderante nella quantificazione in termini assoluti della PAMC, presentando valori compresi tra un minimo di 11 €/anno per i comuni del Piemonte nord-orientale, ed un massimo nell'ordine dei 48 milioni di €/anno per il Comune di Roma.

Tramite adimensionalizzazione del PAMC per la superficie edificata comunale è possibile ottenere una mappa del rischio in termini di PAMC/m², che permette di restituire una migliore comparazione tra i livelli di rischio sismico di differenti aree del territorio nazionale. La Figura 2b riporta la mappa di rischio in termini di PAMC/m² (con valori nel range compreso tra pochi centesimi di €/m²/anno e circa 15 €/m²/anno) ovvero di perdita media annua per 1 m² di superficie edificata ubicata in un dato

municipio: tale valore può essere considerato come base di partenza per la definizione di schemi di trasferimento del rischio sismico anche grazie all'adozione di specifiche coperture di carattere assicurativo, o il ricorso a strumenti di natura finanziaria.

In considerazione della suddivisione amministrativa attualmente vigente in Italia, sono state pertanto redatte anche le mappe di rischio sismico ai livelli di dettaglio provinciale e regionale, sia in termini assoluti che adimensionali, tramite successive aggregazioni dei valori di PAMC dei comuni afferenti alle medesime province/regioni, ricavando conseguentemente delle stime di perdita annua media provinciale (PAMP, in Figura 2c) e regionale (PAMR, in Figura 2e). I valori di PAMP risultano compresi tra un minimo di circa 30'000 €/anno per la provincia di Biella ad un massimo di 207 milioni di €/anno per la provincia di Treviso, mentre i valori di PAMR variano da un minimo di 793'000 €/anno per la regione Valle d'Aosta ad un massimo di 542 milioni di €/anno per la regione Emilia-Romagna. Le medesime mappe del rischio sismico a livello provinciale e regionale sono state adimensionalizzate rispetto alle superfici totali edificate ai livelli provinciale e regionale ottenendo così i valori di PAMP/m² e PAMR/m² riportati nelle Figure 2d e 2f.

I risultati ottenuti evidenziano come i valori massimi pari a circa 5 €/m²/anno, siano ridotti rispetto ai picchi letti nella mappa del PAMC/m² a motivo del processo di aggregazione delle perdite e successiva adimensionalizzazione a scale territoriali a minor risoluzione, comportante un effetto di *averaging* sui risultati finali.

Ulteriori elaborazioni possono essere condotte al fine di semplificare ulteriormente la lettura delle mappe di rischio sismico qui presentate e permettere una semplice ed immediata comprensione dei risultati, aspetto rilevante vista l'utilità di campagne informative di sensibilizzazione della popolazione come le recentissime iniziative "Giornata della prevenzione sismica" e "Io non rischio". A titolo di esempio, rapportando i valori relativi di rischio rispetto al costo unitario di ricostruzione adottato, è possibile esprimere il rischio sismico in termini adimensionali, ovvero di % sul costo di ricostruzione unitario (metrica analoga a quella definita dal Decreto Ministeriale

7 marzo 2017 n. 65), e successivamente adottare una scala qualitativa a 5 Classi di Rischio Sismico territoriale (CRS1 – molto basso, CRS2 – basso, CRS3 – medio, CRS4 – alto, CRS5 molto alto). In Figura 3 viene riportata, a scopo illustrativo, la mappa nazionale del rischio sismico espressa in termini di Classi di Rischio Sismico Provinciale: le 5 classi sono caratterizzate da intervalli uguali di ampiezza pari a 0.1%, e valore massimo calcolato pari a 0.5%. Le provincie in CRS5 sono quelle di Udine, Pordenone, Treviso, Forlì-Cesena, L'Aquila, Isernia, Benevento, Catanzaro, Vibo Valentia e Reggio Calabria, mentre quelle in CRS4 sono rispettivamente Gorizia, Savona, Pesaro-Urbino, Ancona, Macerata, Fermo, Ascoli Piceno, Teramo, Pescara, Avellino, Cosenza, Crotone e Messina.

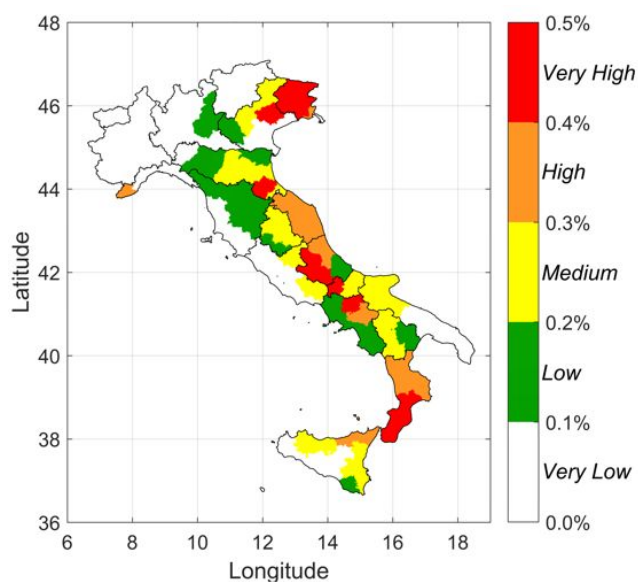


Figura 3: Le classi di rischio sismico provinciale come metrica efficace una divulgazione semplice del rischio sismico.

Le seguenti Tabelle 1 e 2 riportano rispettivamente i valori assoluti e unitari di PAMP e PAMR per le 102 Province e 19 Regioni italiane considerate e le relative Classi di Rischio Sismico in relazione alla suddivisione definita in precedenza.

Tabella 1. Valori di PAMP, PAMP/m² e CRS per ciascuna delle 102 Province italiane considerate.

Provincia	PAMP [€]	PAMP/ m ² [€/m ²]	CR S [%]
Agrigento	9189358	0.53	1
Alessandria	3433080	0.17	1

Ancona	7378751 9	3.83	4
Aosta	793435	0.16	1
Arezzo	2290362 4	1.59	2
Ascoli Piceno	3429003 7	3.97	4
Asti	142743	0.01	1
Avellino	7308909 9	4.26	4
Bari	2211210 4	0.49	1
Barletta-And ria-Trani	3837545 6	2.98	3
Belluno	2387114 2	2.57	3
Benevento	6841978 0	5.78	5
Bergamo	4324002 6	1.00	1
Biella	29868	0.00	1
Bologna	1432687 43	3.40	3
Bolzano	915095	0.05	1
Brescia	1113699 67	2.21	2
Brindisi	841735	0.05	1
Caltanissetta	2760574	0.27	1
Campobasso	2735936 6	2.90	3
Caserta	6891550 1	2.14	2
Catania	1416600 32	3.53	3
Catanzaro	8619301 4	6.08	5
Chieti	3057517 5	1.89	2
Como	103155	0.00	1
Cosenza	1408820 45	4.78	4
Cremona	8587391	0.54	1
Crotone	2498834 7	3.85	4
Cuneo	9619089	0.38	1
Enna	2947727	0.45	1
Fermo	3066571 1	4.23	4
Ferrara	2880944 0	1.72	2
Firenze	4975281 1	1.27	2
Foggia	6305290 6	2.92	3
Forlì-Cesena	8467326 8	5.22	5
Frosinone	7095154 9	3.46	3
Genova	1085467 4	0.30	1
Gorizia	2621792	4.26	4

Grosseto	9 5774550	0.65	1	Ravenna	6286674 3	3.51	3
Imperia	4 3513228	4.21	4	Reggio Calabria	1144690 82	5.40	5
Isernia	0 1888326	4.99	5	Reggio Emilia	4958070 0	2.24	2
L'Aquila	7 6235401	5.25	5	Rieti	1640924 4	2.55	3
La Spezia	1417118 9	1.10	1	Rimini	4370257 3	3.48	3
Latina	9 7396709	0.70	1	Roma	1652967 11	1.07	1
Lecce	446618	0.03	1	Rovigo	3061413	0.27	1
Lecco	9294711	0.73	1	Salerno	7146324 2	1.83	2
Livorno	1877502	0.21	1	Savona	1356892 5	1.15	1
Lodi	2238222 9	1.30	2	Siena	1400298 5	1.25	2
Lucca	5256989 1	4.01	4	Siracusa	4827422 7	3.09	3
Macerata	2255277 2	1.16	1	Sondrio	1206463	0.17	1
Mantova	2 1401869	1.73	2	Taranto	8397491	0.36	1
Massa Carrara	8 1026530	1.40	2	Teramo	4562558 3	3.65	4
Matera	2 9514047	3.85	4	Terni	1770045 4	1.81	2
Messina	7 5841702	0.05	1	Torino	1754433 0	0.19	1
Milano	7937248 0	2.67	3	Trapani	1187710 5	0.66	1
Modena	0 1223876	0.04	1	Trento	7454732	0.36	1
Monza-Brianza	1848976 80	1.98	2	Treviso	2076472 44	5.23	5
Napoli	80 51470	0.00	1	Trieste	4147947	0.44	1
Novara	3799956 7	0.89	1	Udine	1287057 76	5.00	5
Padova	7 1445786	3.05	3	Varese	101917	0.00	1
Palermo	98 4152946	2.12	2	Venezia	1331095 6	0.37	1
Parma	5 4830825	0.20	1	Verbania-Cusio-Ossola	500546	0.07	1
Pavia	9399757 9	3.40	3	Vercelli	49544	0.01	1
Perugia	9 5729091	3.82	4	Verona	8220790 7	2.08	2
Pesaro-Urbino	5 4813586	3.77	4	Vibo Valentia	3477596 1	5.64	5
Pescara	3 8641087	0.67	1	Vicenza	1043859 52	2.70	3
Piacenza	1879724 7	1.09	1	Viterbo	1257723 5	0.97	1
Pisa	7 2240088	1.80	2				
Pistoia	6 8147253	5.79	5				
Pordenone	7 4916230	3.53	3				
Potenza	5 1932090	2.01	2				
Prato	3 1915716	1.56	2				
Ragusa	1						

Tabella 2. Valori di PAMR, PAMR/m² e CRS per ciascuna delle 19 Regioni italiane considerate.

Regione	PAMR [€]	PAMR/m ² [€/m ²]	CRS [%]
Abruzzo	1866906 38	3,50	4

Basilicata	5942760	7	2,79	3
Calabria	4013084	50	5,18	5
Campania	4667853	02	2,41	3
Emilia Romagna	5424444	99	2,86	3
Friuli V.G.	2405441	90	4,35	5
Lazio	2794059	28	1,30	2
Liguria	6946904	3	1,06	1
Lombardia	2013822	14	0,51	1
Marche	2486040	73	3,93	4
Molise	4624262	6	3,50	4
Piemonte	3137066	9	0,17	1
Puglia	1401764	01	0,91	1
Sicilia	4755853	58	2,47	3
Toscana	1986486	45	1,31	2
Trentino A.A.	8369827	1116980	0,21	1
Umbria	1116980	34	2,98	3
Valle d'Aosta	793435	4724841	0,16	1
Veneto	4724841	82	2,17	3

4 DEFINIZIONE DI UN PIANO NAZIONALE DI RIDUZIONE DEL RISCHIO SISMICO

Una volta quantificata la distribuzione territoriale del rischio sismico del patrimonio residenziale presente sul territorio italiano (rischio *ante operam*, Figura 4a, 4c) si è proceduto alla definizione di un possibile piano di mitigazione dello stesso.

Il piano nazionale di mitigazione del rischio sismico qui considerato prevede il rinforzo di tutte le strutture in muratura presenti sul territorio italiano (tipologia strutturale maggiormente diffusa, in media pari al 50% del patrimonio residenziale esistente), ed il *retrofit* sismico delle strutture in calcestruzzo armato costruite in periodi precedenti all'introduzione di normative specifiche per la progettazione antisismica delle strutture. Si è assunto in via preliminare di caratterizzare la vulnerabilità sismica delle succitate strutture rinforzate antisismicamente

con le relative curve di fragilità appartenenti alle tipologie strutturali attualmente progettate dal punto di vista sismico in accordo con le prescrizioni di normativa (Zanini et al. 2018).

Successivamente, la procedura è stata riutilizzata per mappare i valori di PAMC e PAMC/m² *post operam*, ovvero nella configurazione successiva alla completa implementazione del piano nazionale di riduzione del rischio sismico (Figura 4b e 4d). Per il calcolo del rischio sismico *post operam*, è necessario far ricorso all'utilizzo di set di curve di fragilità che rappresentino la vulnerabilità delle tipologie strutturali nella configurazione strutturale successiva al *retrofit* sismico: tali funzioni possono essere valutate facendo ricorso a procedure analitico-meccaniche, oppure sulla base di evidenze di carattere empirico, come ad esempio l'osservazione dei danni subiti da strutture rinforzate sismicamente a seguito dell'occorrenza di eventi sismici, caso simile a quello riscontrato nell'ambito dei rilievi condotti per il terremoto del Centro Italia (2016), ove la zona era già stata colpita circa 20 anni prima da una sequenza sismica.

Dalla comparazione tra la mappa del rischio *ante* e *post operam*, è possibile calcolare il beneficio finanziario associato all'implementazione dello specifico piano nazionale di riduzione di rischio sismico, ovvero l'ammontare di PAMC evitata in ciascun comune (Figure 4e). Tale beneficio è ottenuto a fronte del costo sostenuto per l'esecuzione degli interventi di *retrofit* sismico: la stima dei costi totali di *retrofit* è stata ottenuta considerando valori unitari pari a 68 €/m² per strutture in muratura, per le quali i classici interventi di rinforzo antisismico sono rappresentati dall'inserimento di tiranti e catene, ed applicazione di intonaci armati per il consolidamento dei paramenti murari, e di 34 €/m² per edifici in calcestruzzo armato, ove gli interventi tipici consistono in fasciature in composito di nodi ed estremità di travi e pilastri e ringrossi sezionali con incamiciature in c.a. (costi unitari ricavati da Prota 2016). La Figura 4f riporta la mappa nazionale dei costi totali di *retrofit* sismico associata allo specifico piano nazionale di mitigazione del rischio sismico proposto.

5 VALUTAZIONE DELLA SOSTENIBILITÀ FINANZIARIA DEL PIANO NAZIONALE DI MITIGAZIONE DEL RISCHIO SISMICO PROPOSTO

Sulla base dei dati relativi a benefici e costi di retrofit sismico per ciascun comune italiano, si è proceduto allo svolgimento di un'analisi costi-benefici volta ad analizzare la sostenibilità finanziaria del piano nazionale di mitigazione del rischio sismico analizzato, nello specifico andando a stimare il tempo di rientro dell'investimento in ciascun comune. Per permettere il rientro dall'investimento in tempistiche ragionevoli si è ritenuto opportuno pensare di introdurre una tassazione sugli immobili di diretta riscossione da parte delle amministrazioni comunali e proporzionale, con modalità di formulazione analoghe ad altre tipologie di tasse attualmente in essere (ad esempio, TASI, TARI), espresse come prodotto della rendita catastale degli immobili – utilizzata come base imponibile – per un'aliquota fiscale. Si è supposto di far gestire direttamente alle amministrazioni comunali l'implementazione dei propri piani di mitigazione del rischio sismico, ovvero svolgendo attività di raccolta di tali tasse, finanziamento e sorveglianza sul corretto svolgimento tecnico-economico degli interventi di retrofit sismico. Stanti tali assunzioni, per ciascuna amministrazione comunale, a fronte del finanziamento del costo per l'esecuzione degli interventi di retrofit sismico sul patrimonio edilizio residenziale comunale, corrisponderebbe un beneficio dato dalla somma dell'ammontare di PAMC evitata e dagli introiti relativi all'introduzione dello schema di tassazione specificamente destinato a coprire i costi per l'implementazione del piano nazionale di riduzione del rischio sismico. Considerando tali flussi di cassa ed un appropriato tasso di sconto necessario per poter attualizzare i valori dei futuri benefici annualmente conseguiti, è possibile stimare il tempo di rientro dell'investimento in ciascun municipio. Sono stati pertanto considerati 4 differenti scenari di introduzione di una "tassa per la riduzione del rischio sismico" uniforme su tutto il territorio nazionale, con un'ipotetica aliquota fiscale per la riduzione del rischio sismico (ARS) di valore rispettivamente pari a 0.5%, 1%, 2% e 3%, ed un valore di rendita

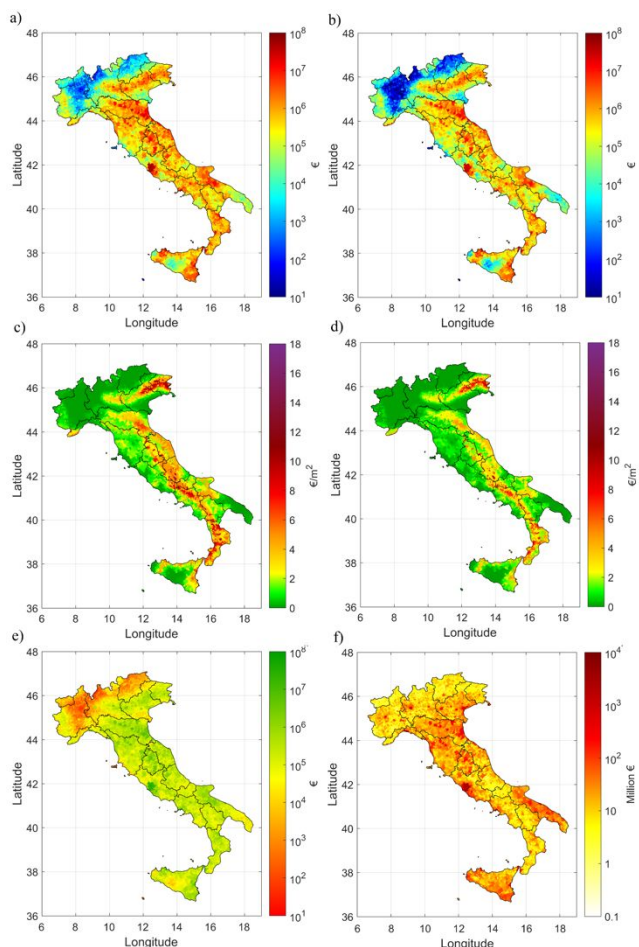


Figura 4: RC Mappe nazionali del rischio sismico in termini di PAMC *ante* (a) e *post operam* (b), PAMC/m² *ante* (c) e *post operam* (d), benefici in termini di PAMC (e) e costi di retrofit sismico (f).

Allo stesso modo, ulteriori elaborazioni possono essere condotte al fine di semplificare ulteriormente la lettura del beneficio derivante dall'implementazione del piano di riduzione di rischio sismico in termini di variazione della CRS. In Figura 5 vengono riportate, a scopo illustrativo, le mappe nazionali di rischio sismico *ante* e *post operam* espresse in termini di CRS su base provinciale, in maniera tale da rappresentare in maniera più divulgativa l'efficacia del piano nazionale di riduzione del rischio sismico.

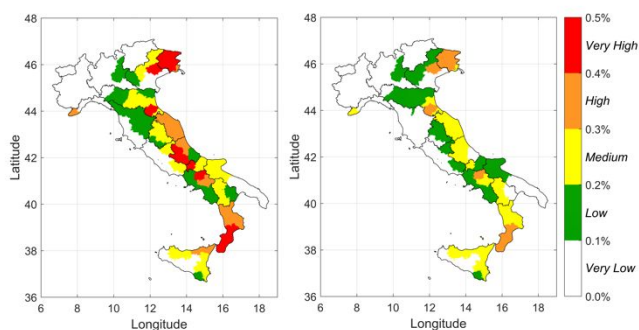


Figura 5: Mappe di rischio sismico *ante* e *post operam* per l'Italia in termini di CRS su base provinciale.

catastale media pari a 484 €/m² omogeneo su tutto il territorio nazionale: con tali dati, a titolo di esempio, un'abitazione di 120 m² sarebbe soggetta ad una tassa sulla proprietà rispettivamente pari a circa 29€, 58€, 116€ o 174€. In Figura 6 vengono riportati i risultati dell'analisi costi-benefici svolti considerando i succitati 4 scenari di ARS, riportando per ciascuno di essi la mappa dei tempi di rientro dell'investimento. Dall'analisi dei risultati si può osservare come al crescere dell'ipotetico regime di tassazione si osservi una significativa riduzione dei tempi di rientro dell'investimento; inoltre si può notare come a parità di regime di tassazione, i tempi di rientro siano minori nelle aree caratterizzate dai maggiori livelli di rischio sismico (ad esempio espressi in termini di PAMC, Figura 4a) rispetto a quelle caratterizzate da minor rischiosità, e tale evidenza può essere principalmente attribuita al fatto che i benefici nelle prime siano maggiori rispetto alle altre.

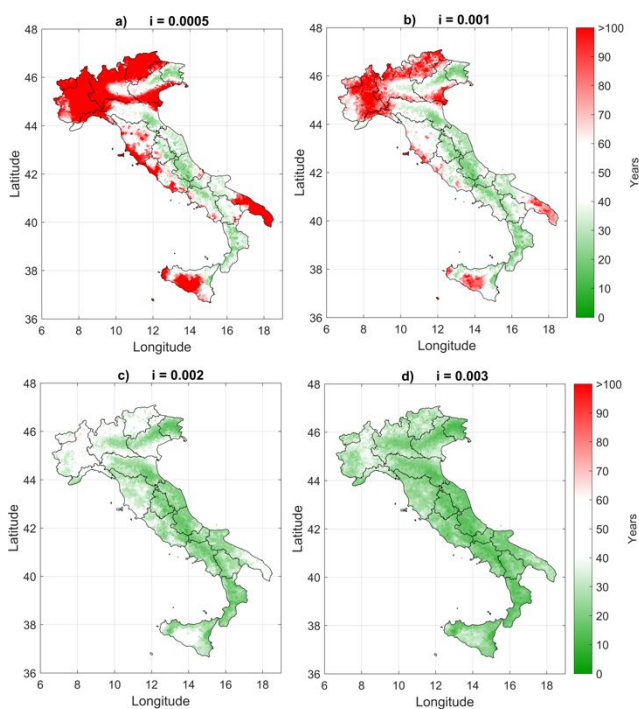


Fig. 6: Tempi di rientro dell'investimento per ciascuno dei regimi di tassazione ipotizzati.

6 CONCLUSIONI

Mappare il rischio sismico permette di avere una corretta percezione dell'entità di tale problematica, e conseguentemente di sviluppare adeguati piani nazionali di mitigazione. L'implementazione di un piano di mitigazione del rischio sismico garantisce dei benefici ma al contempo necessita di importanti investimenti:

per tali ragioni, risulta necessario analizzarne la sostenibilità finanziaria e, se necessario, prevedere l'introduzione di schemi fiscali in grado di poter contribuire alla copertura di tali costi, ridimensionando così le finestre temporali richieste per il rientro degli investimenti. Il presente lavoro ha pertanto affrontato tali questioni illustrando una concreta applicazione metodologica al caso di studio del patrimonio edilizio residenziale italiano e contribuendo così a stimolare l'attenzione su queste importanti tematiche di attualità. E' stato dimostrato come il rischio sismico sia sostanzialmente non uniforme sul territorio nazionale, quantificandone il valore con un approccio, seppur perfettibile, scientificamente-basato e in grado di utilizzare le migliori informazioni attualmente disponibili per la caratterizzazione di pericolosità, vulnerabilità ed esposizione per quanto riguarda il patrimonio edilizio residenziale italiano. I risultati ottenuti potranno essere inoltre considerati come base di partenza per una possibile futura rimodulazione su base razionale delle politiche d'incentivazione fiscale in funzione dell'effettiva distribuzione spaziale del rischio sismico, differenziando per esempio i regimi di detrazione fiscale, e ove necessario, prevedendo specifiche linee di finanziamento integrative.

REFERENZE

- Barani, S., Spallarossa, D., Bazzurro, P. (2009) *Disaggregation of probabilistic ground-motion hazard in Italy*. Bulletin of the Seismological Society of America, 99(5): 2638-2661.
- Bindi D., Pacor F., Luzi L., Puglia R., Massa M., Ameri G., Paolucci R.; 2011. *Ground motion prediction equations derived from the Italian strong motion database*. Bulletin of Earthquake Engineering, 9(6): 1899-1920.
- Decreto Ministeriale 7 marzo 2017, n. 65. *Sisma Bonus – Linee guida per la classificazione del rischio sismico delle costruzioni e relativi allegati. Modifiche all'articolo 3 del Decreto Ministeriale n° 58 del 28/02/2017*. Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti, Roma.
- Dolce, M., Manfredi, G. (2015) *Libro bianco sulla ricostruzione privata fuori dai centri storici nei comuni colpiti dal sisma dell'Abruzzo del 6 aprile 2009*. Doppia voce Edizioni, pp.224 (in Italian).
- <http://iononrischio.protezionecivile.it/>
- http://www.giornataprevenzionesismica.it/prevenzione_sismica/

- Istituto Nazionale di Statistica, 2011. *15-esimo Censimento Generale della popolazione e delle abitazioni 2011*. Postel Editore, Roma.
- Legge 11 dicembre 2016, n. 232. *Bilancio di previsione dello Stato per l'anno finanziario 2017 e bilancio pluriennale per il triennio 2017-2019*. Gazzetta Ufficiale n. 197 del 21 dicembre 2016 – Serie Generale, Roma.
- Meletti, C., Galadini, F., Valensise, G., Stucchi, M., Basili, R., Barba, S., Vannucci, G., Boschi, E. (2008) *A seismic source zone model for the seismic hazard assessment of the Italian territory*. Tectonophysics, 450: 85-108.
- Prota A. (2016) *Soluzioni di retrofit sismico per strutture esistenti: l'esperienza della ricostruzione privata nel terremoto in Abruzzo 2009*. Workshop sulla prevenzione del rischio sismico tra sostenibilità e resilienza, ENEA, Roma, 20 ottobre 2016.
- Zanini M.A., Hofer L., Pellegrino C. (2018) *A framework for assessing the seismic risk map of Italy and developing a sustainable risk reduction program*. Int. Journal of Disaster Risk Reduction, doi.org/10.1016/j.ijdr.2018.09.012.
- Zanini M.A., Hofer L., Faleschini F., Toska K., Pellegrino C. (2019) *Municipal Expected Annual Loss as an indicator to develop seismic risk maps in Italy*. Bollettino di Geofisica Teorica ed Applicata, 60: 221-242.