

IL DATABASE E LA MAPPA DELLA VULNERABILITÀ SISMICA DEGLI EDIFICI NEL PIANO DI PROTEZIONE CIVILE DELLA PROVINCIA DI POTENZA

Alessandro ATTOLICO (*), Attilio BIXIO (**), Savina PACIFICO (**)

(*) Dirigente Provincia di Potenza, UD Patrimonio, Risorse Materiali e Approvvigionamento - UO Protezione Civile, Piazza delle Regioni, 85100 POTENZA, ITALIA, tel. +39 0971 417290, fax +39 0971 51677,

alessandro.attolico@provinciapotenza.it; alex.attolico@iol.it

(**) Collaboratori Provincia di Potenza, Piazza delle Regioni, 85100 POTENZA, ITALIA, tel. +39 0971 57253-59034, fax +39 0971 51677, protezione.civile@provinciapotenza.it; at.bixio@tiscali.it; savina.pacifico@basilicatanet.it

Sommario

La valutazione della vulnerabilità degli edifici a scala provinciale richiede la conoscenza della distribuzione delle tipologie strutturali presenti. Un'analisi a tappeto sarebbe eccessivamente onerosa sia dal punto di vista economico che temporale, per cui l'unica via percorribile è l'utilizzo di metodi speditivi.

Nella prima edizione (2004) del Piano Provinciale di Protezione Civile si utilizzarono come riferimento i dati di vulnerabilità desunti da uno studio pubblicato nel 2001 dal Servizio Sismico Nazionale, basati sull'elaborazione dei dati ISTAT relativi al censimento del 1991 (A. Lucantoni et al., 2001). I dati provenienti dai censimenti ISTAT, tuttavia hanno il limite di una insufficiente affidabilità e completezza, essendo stati acquisiti con scopi differenti.

Per ovviare a queste carenze, per l'elaborazione dell'edizione n.2/2005 del Piano si è optato per una più approfondita analisi della distribuzione della vulnerabilità sul territorio provinciale, avviando una ricognizione di tutti gli studi di vulnerabilità disponibili, effettuati a livello locale o nazionale.

Ad integrazione dei dati disponibili, è stato inoltre svolto un rilievo della vulnerabilità mediante un metodo speditivo, denominato Protocollo d'Intervista (Dolce, Papa, Zuccaro, 1999), in 31 comuni della provincia di Potenza.

I dati sulla vulnerabilità del costruito, sull'esposizione della popolazione, opportunamente collocati sul territorio provinciale (georiferiti), sono stati inseriti nel *SIT provinciale degli Elementi Esposti al Rischio (SITEr)*, insieme alle matrici di probabilità del danno ed alle leggi di attenuazione sismica. Da questo sistema, tramite una procedura software appositamente realizzata, è possibile produrre gli scenari di *danno* conseguenti ad eventi sismici simulati o rilevati da serie storiche.

Abstract

A large-scale evaluation of building vulnerability requires to know the territorial distribution of structural typologies. At this scale, a thorough analysis would be too onerous, from both economic side and time, therefore to use quick methods is the most convenient solution.

In the first edition (2004) of the Provincial Plan for Civil Protection, vulnerability data derived from ISTAT (Italian Statistic Institute) 1991 census were used, coming from a study published in 2001 by the Italian National Seismic Survey (A. Lucantoni et al., 2001). Still, statistical derived data aren't enough reliable and complete, such they have been collected for other purposes.

To correct these lacks, for the elaboration of the n.2/2005 edition of the Plan, a deeper analysis of vulnerability distribution on the provincial territory has been carried out, starting from recognition of available vulnerability studies at local or national scale.

To complete the collected data, a specific investigation campaign has been performed in many seismically exposed towns of the province, by means of a simple and quick method, named “*Guided Interview Protocol*” (Dolce, Papa, Zuccaro, 1999).

Vulnerability of built environment and population’s exposure data have been geographically located and implemented in the Provincial *GIS of Risk-Exposed Territorial Elements (SITeR)*, together with damage probability matrices and seismic attenuation laws. By means of an apposite software procedure, the system, allows the creation of *damage scenarios* consequent to simulated and historical seismic events.

Indagini di vulnerabilità del costruito nel territorio provinciale

Nella valutazione della vulnerabilità su larga scala, come può essere quella provinciale o di un comune medio – grande, l’unica via percorribile è di utilizzare strumenti descrittivi non sofisticati, avvalendosi dello studio degli effetti dei terremoti passati ed utilizzando metodi di elaborazione statistica. La verifica dei livelli di sicurezza degli edifici mediante l’uso di modelli di calcolo strutturale è improponibile a questa scala, sia per la difficoltà di individuare modelli semplici ma affidabili, sia per la quantità di dati che sarebbe necessario rilevare sul campo. Le metodologie disponibili devono quindi basarsi su pochi parametri empirici e la loro validazione non può prescindere dall’osservazione dei danni prodotti da terremoti reali.

Il livello di vulnerabilità di un edificio può pertanto essere stimato attraverso analisi speditive, utilizzando informazioni riguardanti i dati progettuali, il tipo di struttura, le caratteristiche tipologiche e formali, le caratteristiche meccaniche dei materiali impiegati, lo stato di conservazione e la presenza di elementi o sistemi critici dal punto di vista del comportamento sismico.

La suddivisione dell’intero patrimonio edilizio in classi di vulnerabilità consente di raggruppare edifici diversi tra di loro, ma accomunati da un comportamento analogo nei confronti del terremoto; a ciascuna classe di vulnerabilità viene associata una relazione tra intensità del terremoto e danno subito.

Attualmente, negli studi di vulnerabilità vengono generalmente utilizzate le quattro classi di vulnerabilità A, B, C e D, in cui A rappresenta la vulnerabilità massima e D la minima.

Nello studio utilizzato come riferimento nella prima edizione (2004) del Piano Provinciale di Protezione Civile (A. Lucantoni et al., 2001), la metodologia di valutazione della vulnerabilità del patrimonio abitativo, utilizzando un approccio tipologico – statistico, ripartisce il patrimonio stesso nelle tre classi a vulnerabilità decrescente A, B e C previste dalla scala macrosismica MSK.

I dati di vulnerabilità su base ISTAT 1991, utilizzati in tale studio, pur essendo gli unici attualmente disponibili che coprono l’intero territorio nazionale, hanno però lo svantaggio di una insufficiente affidabilità. In considerazione di ciò, già nella prima edizione del Piano Provinciale di Protezione Civile si decise di avviare, avvalendosi del DiSGG dell’Università della Basilicata, uno studio più approfondito della vulnerabilità (Masi et al. 2004), relativo a 28 comuni tutti classificati in Zona 1 (alta sismicità) che avessero risentito un’intensità pari o superiore al VI grado MCS in occasione del terremoto del 23 novembre 1980. I dati relativi a detti 28 comuni furono così ricavati: 11 rilevati a tappeto, mediante le schede GNDT di I e II livello, a seguito dei sismi che nel 1990 e 1991 colpirono il Potentino e 17 rilevati tramite “Protocollo d’intervista”.

In particolare, il protocollo d’intervista consiste in un questionario sottoposto ad un tecnico comunale o ad un professionista del luogo, da cui si ricavano le informazioni utili per la stima della distribuzione di vulnerabilità sul territorio di un comune. Tramite il protocollo d’intervista il territorio dei comuni esaminati viene suddiviso in comparti, in ognuno dei quali l’edificato presenta caratteristiche omogenee. Sulla base di ciò è possibile stimare la distribuzione di vulnerabilità relativa ai singoli comparti e, dunque, all’intero territorio comunale.

Nell’edizione attuale (2005) del Piano, si è optato per una più approfondita analisi della distribuzione della vulnerabilità sul territorio provinciale, e si è avviata una ricognizione di tutti i

dati di vulnerabilità disponibili sul territorio provinciale, riferiti a studi a livello locale o nazionale. In base alle ricerche effettuate, sono risultati disponibili, oltre ai dati ISTAT elaborati dal Servizio Sismico Nazionale ed allo studio condotto dal DiSGG nel 2004, i seguenti studi di vulnerabilità riguardanti il territorio provinciale:

- Studio della vulnerabilità in nove comuni dell'alta Val d'Agri (Convenzione Regione Basilicata - SMA);
- Regione Basilicata – DiSGG UniBas: Microzonazione del Territorio della Basilicata colpito dal terremoto del 9.9.98, con studi di pericolosità e vulnerabilità sismica in 27 comuni del Pollino-Lagonegrese (Dolce et al., 2001);
- CNR - GNDT: La vulnerabilità degli edifici: valutazione a scala nazionale della vulnerabilità sismica degli edifici ordinari (a cura di A. Bernardini, 2000), comprendente tre comuni della provincia di Potenza;

Ad integrazione dei dati disponibili, nell'ambito dell'aggiornamento 2005 del Piano Provinciale di Protezione Civile, è stato inoltre svolto a cura del gruppo di lavoro provinciale un esteso rilievo della vulnerabilità mediante il protocollo d'intervista in 31 comuni della provincia di Potenza.

Per i restanti 20 comuni, dove non è stato possibile utilizzare il protocollo d'intervista né sono stati reperiti studi più aggiornati, si è continuato ad utilizzare il dato su base ISTAT, aggiornandolo, però, alla popolazione residente al 2001. Il quadro delle fonti dei dati sulla vulnerabilità utilizzate nel piano sono riportate nella mappa di Figura 1.

Al fine di avere un indicatore sintetico ed efficace della vulnerabilità media dei comuni oggetto dello studio, si è pensato di calcolare, a partire dalla quattro classi di vulnerabilità A, B, C e D, un *Indice di Vulnerabilità I_v*, secondo la seguente espressione:

$$I_v = \sum_1^n \frac{V_i f_i}{n} \quad \text{con } 0 \leq I_v \leq 1 \quad [1]$$

dove:

- V_i rappresenta l'espressione, in forma numerica, della classe di vulnerabilità, così da ottenere un determinato *livello di vulnerabilità*, variabile da 0 a 3, secondo la seguente tabella di corrispondenza:

Classe di vulnerabilità	A	B	C	D
Livello di vulnerabilità	3	2	1	0

- f_i rappresenta la frequenza relativa di ciascuno dei livelli di vulnerabilità.

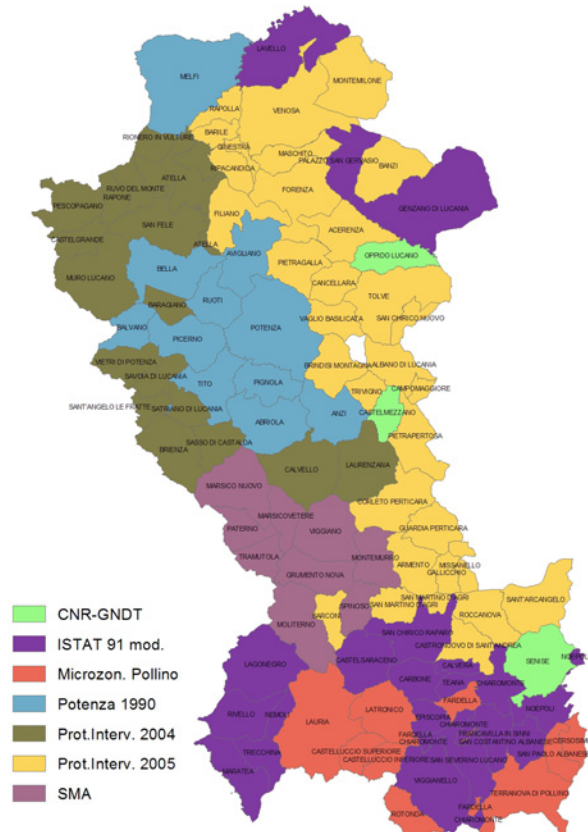


Figura 2 - Fonti di dati utilizzate per la costruzione della mappa di vulnerabilità provinciale

La sommatoria è estesa agli $n = 3$ livelli di vulnerabilità > 0 . $I_v = 0$ indica che tutti gli edifici dell'area considerata si trovano in classe D (livello 0), mentre $I_v = 1$ indica che tutti gli edifici si trovano in classe A (livello 3).

Si noti che $I_v = 0$ non significa vulnerabilità nulla: per gli edifici classificati in classe di vulnerabilità D, corrispondenti agli edifici antisismici, si ammette infatti che si danneggino sotto l'azione di forti terremoti, ma che non collassino. $I_v = 0$ indica quindi il minimo livello, non nullo, di vulnerabilità che possa avere un edificio.

Analogamente, per quanto riguarda la popolazione, è stato calcolato un *Indice di Esposizione I_e* , la cui formula è simile a quella dell'indice di vulnerabilità:

$$I_e = \sum_1^n \frac{V_i f p_i}{n} \quad \text{con } 0 \leq I_e \leq 1 \quad [2]$$

Dove $f p_i$ rappresenta la frequenza relativa della popolazione residente in ciascuno dei livelli di vulnerabilità, come sopra definiti, mentre V_i e n sono definiti come sopra.

Come nel caso precedente, $I_e = 0$ non significa esposizione nulla, ma indica il minimo livello, non nullo, di esposizione della popolazione.

A partire dai dati disponibili sono state prodotte (Figura 2) le mappe della vulnerabilità degli edifici e dell'esposizione della popolazione sull'intero territorio provinciale. La vulnerabilità è stata rappresentata in termini di distribuzione nelle classi A, B, C, D e di indice di vulnerabilità; analogamente, l'esposizione è rappresentata anch'essa sia attraverso la distribuzione della popolazione residente nelle quattro classi di vulnerabilità, sia attraverso l'indice di esposizione.

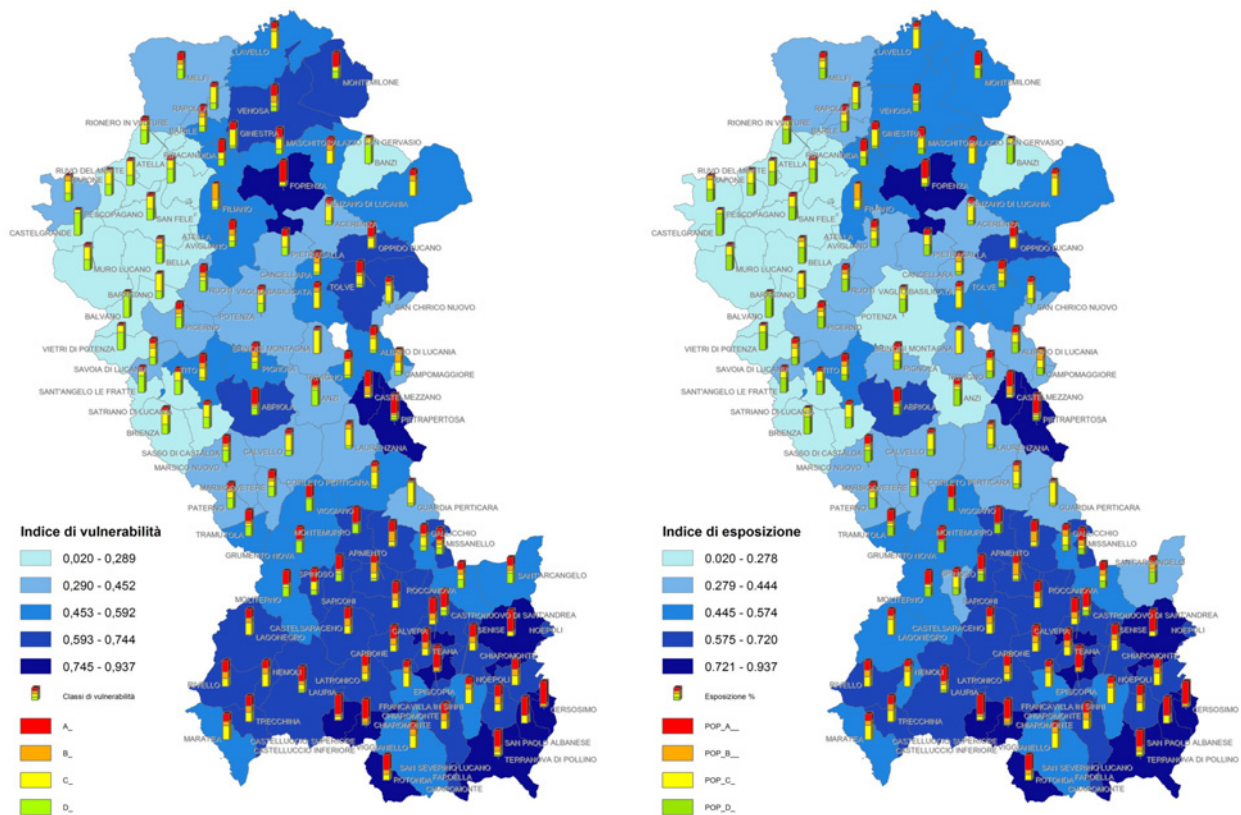


Figura 2 – Mappa provinciale della vulnerabilità e dell'esposizione

La figura mostra chiaramente che i comuni a minor indice di vulnerabilità ed esposizione sono localizzati in prevalenza nell'area nord-ovest della provincia, che sono quelli maggiormente colpiti

dal sisma del 1980 e nei quali sono stati più diffusi gli interventi di ricostruzione o rafforzamento effettuati con fondi della Legge 219/81.

Il dato sulla vulnerabilità porta dunque a ritenere, in linea generale, che la massiccia opera di ristrutturazione (adeguamento o demolizione o ricostruzione) realizzata a seguito del sisma del 1980, abbia ridotto in maniera molto significativa la vulnerabilità sismica del patrimonio edilizio privato.

Interessante è anche il dato relativo alla popolazione presente nelle diverse classi di vulnerabilità: in particolare, l'indice di esposizione è inferiore all'indice di vulnerabilità in 94 dei 100 comuni della provincia, significando ciò che la popolazione è generalmente meno "vulnerabile" di quanto non lo siano gli edifici. A conferma di ciò, la tabella seguente mostra la distribuzione degli edifici e della popolazione residente nelle diverse classi di vulnerabilità: in particolare negli edifici appartenenti alle classi C e D (a minore vulnerabilità), che sono circa il 56% del totale, abita circa il 66% della popolazione della provincia, pari a circa 260.000 abitanti, mentre solo il 34% della popolazione vive in edifici appartenenti alle classi A e B, che sono circa il 44% del totale.

Classi di vulnerabilità		A	B	C	D
Edifici	Num.	34475	16272	36534	28362
	%	29,8%	14,1%	31,6%	24,5%
Popolazione residente	Num.	88481	44411	135908	123524
	%	22,6%	11,3%	34,6%	31,5%

Figura 3 – Tabella di sintesi della vulnerabilità e dell'esposizione

Si può quindi desumere che gli edifici a vulnerabilità minore ospitano mediamente più abitanti di quanti non ne ospitino gli edifici nelle classi di vulnerabilità più alte. Ciò è vero anche perché vi è stato ed è tuttora in corso uno spopolamento dei centri storici e, di conseguenza, degli edifici a maggiore vulnerabilità ivi spesso allocati.

A partire dai dati sulla vulnerabilità del costruito e sull'esposizione della popolazione, nonché alla collocazione di questi elementi sul territorio provinciale, è stato realizzato un unico database implementato nel *SIT provinciale degli Elementi Esposti al Rischio (SITeR)*, comprendente anche le matrici di probabilità di danno (DPM) ed il modello *provinciale* di attenuazione sismica (Attolico, Harabaglia et al, 2005). Da questo sistema, mediante una procedura software appositamente realizzata (Attolico, Bixio, 2005), è possibile produrre gli scenari di *danno* relativi ad eventi sismici simulati o storici, che riguardino il territorio provinciale. Gli stessi rappresentano un ulteriore strumento di supporto decisionale per chi è deputato alla pianificazione ed alla gestione dell'emergenza di protezione civile.

Conclusioni

La ricerca e la catalogazione degli studi disponibili sulla vulnerabilità del costruito nel territorio della Provincia di Potenza ha permesso di ottenere informazioni abbastanza dettagliate riguardo a circa 50 comuni, pari alla metà del totale.

L'indagine mediante il protocollo d'intervista ha consentito, nel corso delle attività di aggiornamento 2005 del piano, di estendere lo studio della vulnerabilità dell'edilizia abitativa ad altri 31 comuni, raggiungendo così una copertura dell'80% del territorio provinciale.

Dall'analisi dei dati sulla vulnerabilità e sull'esposizione, è risultato che la popolazione è, nel territorio considerato, meno "vulnerabile" degli edifici.

Poiché su circa 20 comuni è tuttora disponibile solo il dato di vulnerabilità su base statistica, con tutte le carenze che esso contiene, in un prossimo aggiornamento del piano sarà possibile, con un impegno economico e di forza lavoro assolutamente accettabile, estendere lo studio mediante il protocollo d'intervista anche a quest'ultimo gruppo di comuni, consentendo di avere dati aggiornati

ed affidabili con una copertura del 100% del territorio provinciale.

Bibliografia

- U.O. Protezione Civile Provincia di Potenza (2004), “Piano Provinciale di Protezione Civile” composto da: il *Programma Provinciale di Previsione e Prevenzione dei Rischi (PPPR)*, ed il *Piano Provinciale d’Emergenza (PPE)*, Edizione n.1, Potenza.
- Attolico A. (Coord.) (2005), “*Il Sistema di Protezione Civile della Provincia di Potenza: integrazione tra gli strumenti operativi*”, Atti IX Conferenza Nazionale ASITA, Catania, 15-18 novembre 2005.
- Attolico A., Ciorciari C., Harabaglia P., Rosa A.B. (2005) “*Rischio sismico: un modello di costruzione degli scenari di evento appositamente studiato per il territorio della Provincia di Potenza*”, Atti IX Conferenza Nazionale ASITA, Catania, 15-18 novembre 2005.
- Attolico A., Bixio A. (2005), “*Rischio sismico: una procedura automatizzata per la costruzione degli scenari di danno*”, Atti IX Conferenza Nazionale ASITA, Catania, 15-18 novembre 2005.
- Medvedev, S.V. (1977), “Seismic Intensity Scale M.S.K.-76”, *Publ. Inst. Geophys. Pol. Ac. Sc. Warsaw*
- Braga, F., Dolce, M. and Liberatore D. (1982), “A statistical Study on Damaged Buildings and Ensuing Review of the MSK_76 Scale”, *Proc. 8th European Conference on Earthquake Engineering*, Athens.
- Braga, F., Dolce, M. e Liberatore D. (1987), Rassegna critica dei metodi per la stima della vulnerabilità. Terzo Convegno nazionale di Ingegneria Sismica, Roma.
- SSN/RT/95/01 Aprile, (1995), Rischio sismico del territorio italiano. Proposta di una metodologia e risultati preliminari.
- Dolce, M., (1996) “Seismic vulnerability evaluation and damage scenarios”, *US-Italian Workshop on Seismic Evaluation and Retrofit*, Columbia University, New York City.
- Dolce M., Lucia C., Masi A., Vona M. (1997), “Analisi delle tipologie strutturali della Basilicata ai fini di una valutazione di vulnerabilità”, *Atti 8° Convegno Nazionale ANIDIS*, Taormina.
- ESC Working Group "Macroseismic Scales" (1998), *European Macroseismic Scale 1998*, GeoForschungs - Zentrum Potsdam, Germany.
- Grunthal, G. (1998), “European Macroseismic Scale 1998”, *Chaiers du Centre Européen de Géodynamique et de Séismologie*, Volume 15, Luxembourg.
- Dolce, M., Papa, F., Zuccaro, G. (1999), *Protocollo d'intervista*.
- A. Bernardini (A cura di), (2000), *La vulnerabilità degli edifici: valutazione a scala nazionale della vulnerabilità sismica degli edifici ordinari*, CNR-Gruppo Nazionale per la Difesa dai Terremoti - Roma.
- A. Lucantoni, V. Bosi, F. Brammerini, R. De Marco, T. Lo Presti, G. Naso e F. Sabetta. (2001), *Il rischio sismico in Italia*, Servizio Sismico Nazionale – Roma.
- Dolce, M. (Coordinatore) (2001), *Rapporto finale della Convenzione "Microzonazione del territorio della Basilicata colpito dal terremoto del 9.9.98" maggio 2001*, Potenza.
- Masi, A. (Coordinatore), (2004), *Rapporto finale della Convenzione Provincia di Potenza – DiSGG “Raccolta ed elaborazione dati relativi alla vulnerabilità del costruito”*, Potenza.