

Fabbisogno abitativo e assistenziale per rischio sismico e/o bradisismico

Le analisi e gli studi sin qui operati e con il materiale fornito da codesta amministrazione, tra cui l'analisi geologica e la zonazione sismica di primo livello, condotti

Il rischio Sismico, determinato sulla base della combinazione di pericolosità, vulnerabilità ed esposizione è la misura dei danni attesi in un dato intervallo di tempo, in base al tipo di sismicità, alla capacità sismica delle costruzioni e al livello antropizzazione.

Lo scenario dell'evento di riferimento è stato individuato seguendo le disposizioni contenute nelle Linee Guida Regionali per la predisposizione dei Piani di Protezione Civile.

In assenza di informazioni specifiche riguardanti le caratteristiche dei singoli edifici, la valutazione delle stesse, propedeutica alla stima della vulnerabilità sismica, è stata condotta sulla base dei dati provenienti dal Censimento ISTAT dell'ottobre 2011. Tali dati, pubblicamente accessibili, sono forniti in forma "aggregata" per Sezioni censuarie, consistono cioè nelle distribuzioni di alcuni parametri riguardanti la popolazione e gli edifici ricadenti nella singola sezione.

Per la derivazione degli scenari di danno sono state utilizzate le Matrici di Probabilità di Danno (DPM) basate sui dati di danneggiamento degli edifici raccolti in seguito ai terremoti italiani degli ultimi 30 anni (Zuccaro e Cacace, 2009). Le DPM considerano:

- 4 differenti Classi di Vulnerabilità, da A a D;
- 6 livelli di danno (Damage States), da DS0 (nessun danno) - sino a DS5 (collasso).

In particolare, Zuccaro e Cacace (2009) fanno riferimento a Classi di Vulnerabilità, livelli di danno (Damage States) ed Intensità Macrosismica (MS) definite in accordo a quanto riportato nell'European Macroseismic Scale 1998 (Grünthal, 1998). La procedura utilizzata per la associazione delle Classi di Vulnerabilità agli edifici residenziali segue la classificazione della Scala Macrosismica Europea, EMS-98 (Grünthal, 1998). Quest'ultima individua le Classi di Vulnerabilità suddividendole, innanzitutto, in relazione alla tipologia strutturale (edifici in muratura, edifici in cemento armato, edifici in acciaio o in legno). In secondo luogo, per ciascuna tipologia strutturale sono individuate delle ulteriori sotto-classi in relazione alla tipologia di orizzontamento, per gli edifici in muratura, ed in relazione al grado di progettazione antisismica, per gli edifici in calcestruzzo armato.

L'EMS-98 permette di assegnare un margine di discrezionalità nell'attribuzione della Classe di Vulnerabilità (CdV) dell'edificio. Per ciascuna tipologia di edifici è possibile individuare la CdV. I fattori che permettono di individuare la CdV più probabile riguardano lo stato di conservazione dell'edificio, la qualità della costruzione, fattori di irregolarità in pianta ed in elevazione, il livello di progettazione sismico, ecc.

La procedura utilizzata per la definizione delle Classi di Vulnerabilità (CdV) degli edifici adottata nel presente lavoro ha come unità di riferimento il "singolo edificio". In relazione alla tipologia strutturale verticale e all'epoca di progettazione/costruzione a ciascun edificio è associata una CdV.

La classe di vulnerabilità che viene assegnata agli edifici in calcestruzzo armato è determinata in funzione del livello di progettazione antisismica dell'edificio. Tale livello è correlato all'epoca di progettazione/costruzione dell'edificio e, pertanto, alle normative tecniche vigenti in quel periodo.

Per tali ragioni si presume che gli edifici costruiti precedentemente al 1981 siano stati progettati in assenza di criteri sismici, così come riportato in Di Pasquale et al. (2005); gli autori affermano che solo gli edifici progettati e costruiti successivamente alla Legge n.64/1974 e al corrispondente decreto attuativo D.M.n.40/1975 situati in un Comune classificato in zona sismica possono resistere efficacemente ad azioni indotte dai terremoti.

In definitiva, gli edifici progettati/costruiti prima del 1981 sono definiti da una CdV "C", ovvero "B" nel caso di cattivo stato manutentivo, in quanto, secondo la classificazione dell'EMS-98, siffatti edifici non sono stati progettati per resistere ad azioni sismiche (Reinforced Concrete RC frame without Earthquake-Resistant Design ERD – Strutture a telaio senza progettazione antisismica). Viceversa, gli edifici progettati/costruiti dopo il 1981, caratterizzati da un livello moderato di resistenza alle azioni sismiche (RC frame with moderate ERD) sono definiti da una CdV "D", ovvero "C" nel caso di cattivo stato di manutenzione. La classe più bassa in cui ricadono gli edifici in calcestruzzo armato è la "B". Nessun edificio in c.a. ricade in classe A se non per delle eccezioni che non è stato possibile rilevare dal database dell'ISTAT.

La procedura per la definizione della CdV per gli edifici in muratura è meno esplicita e diretta rispetto al caso degli edifici in cemento armato, a causa della mancata conoscenza di alcuni parametri utili a tal fine. Il database ISTAT permette solo l'individuazione della tipologia strutturale, senza fornire informazioni sulla tipologia di orizzontamento, né sulla qualità e tessitura della struttura portante. L'assenza di queste informazioni risulta pregiudizievole alla definizione della CdV per gli edifici in muratura, in accordo con la classificazione dell'EMS-98. Per definire la CdV degli edifici in muratura si utilizzano, nel presente lavoro, le statistiche riportate nel lavoro di Di Pasquale et al. (2006), che riporta la correlazione tra la CdV degli edifici in muratura e l'epoca di costruzione dell'edificio, ottenuta da uno studio statistico di un campione di 50.000 edifici raccolti in seguito al terremoto dell'Irpinia.

Pertanto è stato possibile attribuire ad ognuno degli edifici censiti nelle celle censuarie dell'ISTAT 2011 la propria classe di vulnerabilità.

Definizione della pericolosità sismica

L'inquadramento sismogenetico e l'analisi storica dei terremoti che hanno colpito il territorio sono stati analizzati in uno con le analisi di microzonazione sismica disponibile per attribuire ad ogni singola cella censuaria il valore di accelerazione massima su suolo rigido e orizzontale (PGA), relativo al punto della griglia più prossimo alla stessa per il quale è stato calcolato dall'INGV il valore di pericolosità sismica di base.

In funzione delle direttive delle Linee Guida Regionali 2013 sono stati considerati i due seguenti scenari di riferimento:

- periodo di ritorno (TR) di 101 anni - relativo ad un'emergenza di rilevanza locale effettuato in maniera cautelativa per un valore di intensità macrosismica IEMS pari a 7;
- periodo di ritorno (TR) 475 anni - relativo ad un'emergenza di rilevanza nazionale effettuato in maniera cautelativa per un valore di intensità macrosismica IEMS pari a 8.

Valutazione Scenari di danno

Poiché la finalità ultima di un Piano di Emergenza è la predisposizione delle azioni di intervento a farsi in caso di evento si ritiene opportuno focalizzare l'attenzione sulla vulnerabilità dell'edificio. La valutazione della vulnerabilità, intesa come la sua predisposizione ad essere danneggiato da un evento di sismico di una fissata severità, ha l'obiettivo di definire un modello interpretativo capace di stimare un danno fisico (in termini probabilistici) in funzione dell'intensità o della PGA/spettro.

Per la valutazione degli scenari di danno si utilizza una procedura probabilistica di simulazione Monte Carlo, secondo la quale per ogni edificio generato, si identificano i parametri tipologici-funzionali dai dati ISTAT 2011 (tipologia strutturale, epoca di costruzione) relativi alla generica sezione censuaria; in relazione a quest'ultimi si associa:

- la probabilità di appartenere ad una Classe di Vulnerabilità, variabile da "A" a "D";
- le corrispondenti Matrici di Probabilità di Danno (DPM) relative a predefiniti livelli di danno (Damage States, DS).

In funzione delle DPM e dei parametri del moto del suolo sono ricavate le distribuzioni di danno (Del Gaudio et al., 2017). Nel dettaglio, nel caso di uno scenario macrosismico, una curva di vulnerabilità correla l'intensità ad un istogramma di danno D (0,1,2, ,4,5), espresso dal danno medio (mean damage grade D – parametro continuo 0 D 5) e da una appropriata distribuzione probabilistica. Questo approccio macrosismico è basato sulla vulnerabilità osservata, in quanto tali curve sono ottenute, per classi di edifici, in funzione dei dati rilevati durante i censimenti del danno in seguito ad eventi sismici di differente intensità.

I livelli di danno sono stati definiti in accordo con la recente scala macrosismica, in particolare con la EMS98 - European Macroseismic Scale - (Grunthal 1998):

- nessun danno;
- danno lieve;
- danno medio;
- danno grave;
- danno molto grave;
- collasso.

Per ogni intensità, il danno medio D (mean damage grade) può essere definito in funzione della probabilità P_k di ogni livello di danno D_k .

La curva di vulnerabilità è definita da due parametri: l'indice di vulnerabilità V e un coefficiente di duttilità Q, che dovrebbe essere valutato in funzione dei dati dell'edificio.

Il rilievo del danno dopo un evento sismico e la definizione di una scala macrosismica (EMS98) permette di definire un modello di vulnerabilità osservazionale, attraverso la correlazione tra l'intensità I di un terremoto e il danno medio D, che rappresenta il valore medio dell'istogramma di probabilità dei livelli di danno D_k ($k=0,1,2,3,4,5$).

Come anticipato, il modello è definito da due parametri, l'indice di vulnerabilità V e l'indice di duttilità Q.

L'indice di vulnerabilità V varia tra 0 e 1 nel caso delle sei tipologie di edifici definite dalla scala EMS98; per gli edifici in muratura, ad esempio, V è maggiore di 0.4. Nel caso delle chiese, V assume valori compresi tra 0.67 e 1.22. Un incremento pari a 0.16 significa che è necessario incrementare di un grado l'intensità del terremoto per produrre lo stesso livello di danno.

L'indice di duttilità Q rappresenta il coefficiente di incremento di danno per un incremento dell'intensità. Se $Q = 2.3$ (come per gli edifici) un livello di intensità corrisponde ad un livello di danno; valori maggiori di Q sono tipici strutture duttili. Valori di riferimento per altre tipologie di edifici monumentali possono essere dedotti dall'osservazioni dei danni a tali tipologie di edifici o in funzione di un giudizio esperto.

Pertanto, una volta nota la pericolosità sismica, si può calcolare il livello di danno atteso di ogni struttura (scenario di danno) e definire una lista di edifici classificati in funzione del loro grado di vulnerabilità. Il danno medio D , dato dalla precedente equazione, rappresenta un parametro sintetico per la definizione dello scenario di danno.

Pertanto, per la definizione dello scenario di danno, una volta definita l'intensità Macrosismica di riferimento (moltiplicando il fattore di amplificazione stratigrafica per la PGA su suolo rigido e poi utilizzando la formula di Margottini, 1992) sono state utilizzate le Matrici di Probabilità di Danno (DPM), basate sui dati di danneggiamento degli edifici raccolti in seguito ai terremoti italiani degli ultimi 30 anni e proposte da Zuccaro e Cacace (2009).

Lo studio degli scenari di danno è stato effettuato suddividendo il territorio sulla base delle Sezioni Censuarie. L'analisi dello scenario di rischio sismico è stata effettuata facendo riferimento alle linee guida regionali considerando eventi con tempi di ritorno di 101 anni (generalmente associabile ad una emergenza di rilevanza locale) e con un periodo di ritorno di 475 anni (generalmente associabile ad una emergenza di rilevanza nazionale).

In pratica per il generico edificio lo scenario di danno è ottenuto seguendo i seguenti step:

- Definizione del valore dell'accelerazione massima su suolo rigido ed orizzontale (PGA) per lo scenario di riferimento, valutata per ogni singola cella censuaria;
- Definizione del valore del coefficiente di amplificazione stratigrafico (NTC 2018), in funzione delle caratteristiche geologiche del suolo per ogni singola cella censuaria (l'attribuzione è stata fatta sulla base della digitalizzazione della carta geologica provinciale dove ad ogni litotipo è stata attribuita una categoria di suolo di riferimento in funzione di una copiosa documentazione di riferimento basata su studi geologici allegati ai piani regolatori vigenti ed altri lavori a base geologica);
- Definizione della Classe di Vulnerabilità dell'edificio;
- Associazione delle curve di fragilità/DPM (Zuccaro & Cacace, 2009) per i 5 differenti livelli di danno (damage levels) alla Classe di Vulnerabilità dell'edificio;
- Calcolo dell'intensità Macrosismica attesa per lo scenario di riferimento: dalle curve di fragilità si valuta lo scenario di danno sismico dell'edificio.

L'analisi così descritta ha permesso di restituire cartografie che riepilogano, per ogni cella censuaria, la percentuale di edifici residenziali inagibili sul totale della cella, per lo scenario TR 101 e TR 475.

In particolare, le cartografie permettono di valutare, le aree a maggior rischio (che sono relative alle celle con maggior presenza di strutture maggiormente vulnerabili).

Se la visualizzazione planimetrica ci consente in termini di previsione di capire quali aree del territorio avranno più danni e più necessità di supporto, e, in termini di prevenzione, di programmare interventi per il miglioramento della risposta sismica degli edifici, pubblici e privati, il dato che è invece più significativo, sia ai fini della gestione dell'emergenza e di un corretto dimensionamento delle risorse, sia per il dimensionamento delle aree di protezione civile, di attesa e di ricovero, è invece il totale degli effetti degli eventi utilizzati come input.

In particolare per il Comune di Monte di Procida avremo:

	Comune	edifici agibili	parzialmente agibili	inagibili
TR101	Monte di Procida	1576	442	375
TR475	Monte di Procida	1291	486	615

	Comune	morti	feriti	sfollati	% su popolazione
TR101	Monte di Procida	1	2	2017	15.55
TR475	Monte di Procida	3	12	3309	25.51

I dati ricavati hanno reso necessaria la revisione delle aree di emergenza in generale, sia quelle di attesa, sia quelle di accoglienza, riservate alla realizzazione di eventuali tendopoli, ma è stato anche necessario rivedere, in relazione ai numeri e alle necessità, rivedere anche quelle destinate all'ammassamento dei soccorritori.

L'**area di ammassamento** è stata ridotta ad una, rispetto al preesistente piano, ma di dimensioni molto più consone ad accogliere almeno due campi base con relativi servizi. È stata individuata nei terreni – di proprietà privata – limitrofi alla sede del municipio.

Le **aree di accoglienza** sono state aumentate nel numero e nelle quadrature, nei limiti che il territorio impone. Sono un totale di 3, per circa 15.400 mq e consentono di montare moduli tenda capaci di alloggiare fino a circa 400 persone.

Che sono molto poche rispetto a quello che potrebbe essere il fabbisogno abitativo in seguito ad un forte evento sismico, meno di 1/5 per un evento con TR 101 anni e meno di 1/8 per l'evento più

grande: purtroppo il territorio per la sua conformazione geografica e la densità degli insediamenti non ha aree significativamente grandi per allestire spazi di questo tipo, così come non ne ha affatto per insediamenti abitativi di emergenza, per i quali, come per le eventuali tendopoli, bisognerà necessariamente avvalersi della collaborazione delle strutture di protezione civile sovraordinate.

Va tenuto in conto che in prima istanza e per brevi periodi, scuole e palestre, previa verifica, possono essere utilizzate come **strutture ricettive**, potendo così garantire, considerando per un minimo di privacy un'aula a famiglia nelle scuole, accoglienza a circa trenta famiglie, un totale di circa 90 persone (escludendo le scuole per l'infanzia dove i servizi igienici e gli arredi mal si adatterebbero ad una popolazione adulta, mentre tra palestre scolastiche e palazzetto, magari con sistemi di divisori anche provvisori in stoffa, possono essere alloggiate altre 16-20 famiglie, per un totale di 60 persone.

Possono inoltre essere utilizzati i numerosi e diffusi posti letto in bed&breakfast -Monte non dispone di alberghi -: all'ultimo censimento risultano presenti circa 100 posti letto; anche questi possono sopperire alle necessità degli sfollati, sempre previa verifica, riducendo il fabbisogno da indirizzare all'esterno del territorio.

Anche l'insieme delle **aree di attesa** è stato rivisto ed implementato, anche in considerazione del rischio tsunami: è stato suddiviso il territorio in macroaree e calcolato il fabbisogno per la popolazione residente tutta, individuando aree aperte e sicure che possano accogliere nei primi momenti i cittadini che si sentono insicuri nelle proprie abitazioni. Il criterio di prossimità – le aree devono o dovrebbero essere raggiunte a piedi – ha reso necessario, insieme alle quadrature, che devono rispettare anche parametri sanitari ed epidemiologici, utilizzare anche delle aree private: per queste sarà necessario addivenire magari a protocolli di intesa, affinché, ove occorra, non sia necessario abusare del potere di ordinanza, che, di fatto, rende anche tardiva la apertura delle aree. Resta inteso che la macrozona è un criterio di calcolo e distribuzione: l'area non è mai assegnata, altrimenti verrebbe meno il criterio della vicinanza, secondo il quale mi muovo verso l'area sicura a me più vicina. Un'area più ampia è stata realizzata su via Panoramica, sia in previsione di eventuali presenze turistiche, sia pure temporanee, sia in relazione ad una eventuale implementazione del piano vulcanico che potrebbe portare a prevedere una sorta di "pre-area" di attesa in cui possano portarsi i cittadini che non intendono restare a casa in attesa dell'orario di partenza, evitando un sovraffollamento delle aree di attesa sul territorio e delle attività di gestione delle stesse.

Altre aree strettamente afferenti al piano vulcanico, **Aree Attesa/Terminal** e **Punti Navetta** per il servizio di navetta comunale, non sono state ad oggi oggetto di cambiamenti, sebbene si preveda valutare, come accennato, l'utilizzo di una area di pre-attesa o interscambio, rendendo di fatto le navette comunali un servizio circolare che non preveda aree di sosta.

Si allega tabella riassuntiva delle aree di emergenza descritte.

Napoli, 05 giugno 2024

Il tecnico incaricato

Cinzia Craus