

## La classificazione sismica con DOLMEN per accedere al Sisma bonus

L'Italia è un paese fortemente sismico e i recenti terremoti di grande intensità hanno evidenziato la vulnerabilità del patrimonio costruito. Gli eventi sismici hanno comportato enormi costi sociali, in termini di vittime e di incidenza sulla vita comunitaria, e economici per l'emergenza e per la ricostruzione. Al fine di ottenere prevenzione sismica e cura del territorio la legge di stabilità 2017 ha introdotto il Sisma bonus, una detrazione fiscale che prevede la possibilità di fruire di un incentivo nel caso in cui sull'abitazione, sia essa prima o seconda casa, sull'immobile adibito ad attività produttiva o sulle parti comuni dei condomini, vengano effettuati degli interventi di rinforzo volti alla riduzione del rischio sismico. Possono godere di questa nuova detrazione gli edifici esistenti situati nelle zone 1, 2 e 3, secondo l'Ordinanza n. 3274.

Lo strumento attuativo è il D.M. 28 febbraio 2017 che stabilisce le Linee Guida per la classificazione del rischio sismico delle costruzioni e le modalità per attestare l'efficacia degli interventi.

I privati e le imprese, che effettuano interventi al fine di ridurre il rischio sismico di immobili dal 1° gennaio 2017 al 31 dicembre 2021, potranno avere una detrazione:

- pari al 50% per interventi che non comportano cambiamento di classe,
- pari al 70% se si ha il passaggio di una classe,
- pari all'80% se i lavori determinano la riduzione di 2 classi di rischio.

Per i condomini che effettuano interventi sulle parti comuni e sull'intero edificio si hanno detrazioni:

- pari al 75%, se si ha il passaggio di una classe,
- pari all'85%, se i lavori determinano la riduzione di 2 classi di rischio.

Per tutti gli interventi la detrazione avrà un limite massimo di 96.000 €.

La conseguenza più importante di questa nuova detrazione si potrà vedere in termini di prevenzione e di riduzione del rischio sismico; questa misura fiscale è una novità importante per l'Italia.



L'applicazione della classificazione sismica permette, inoltre, di definire una mappatura, sia a livello comunale che a livello nazionale, della sicurezza degli edifici, utile da più punti di vista e che influirà anche sul valore economico dell'edificio.

Le linee guida coniugano sia il rispetto della salvaguardia della vita umana (secondo i livelli di sicurezza previsti dalle NTC) che la considerazione delle possibili perdite economiche e sociali (in base a stime derivanti dalla ricostruzione dopo il sisma del 2009 in Abruzzo).

Il rischio sismico, valutato secondo le Linee guida, costituisce la misura matematica e ingegneristica per valutare la perdita attesa in seguito a un possibile sisma.

$$\text{Rischio} = \text{Pericolosità} \times \text{Vulnerabilità} \times \text{Esposizione}$$

La Pericolosità è la probabilità che si verifichi un sisma (è rappresentata dalla suddivisione in zone sismiche), la Vulnerabilità è la valutazione delle conseguenze del sisma (ossia la capacità degli edifici di resistere alle azioni sismiche) e l'Esposizione è la valutazione socio/economica delle conseguenze.

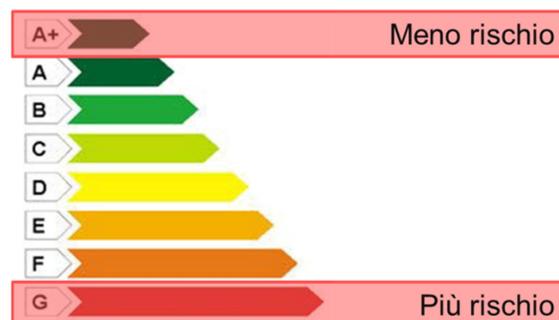
Sono stati introdotti due parametri che servono a classificare il rischio: **PAM e IS-V**.

- PAM, indica la Perdita Annua Media attesa, è un parametro economico che rappresenta il costo dei danni conseguenti a terremoti nell'arco della vita della costruzione, suddiviso per anno e espresso percentualmente al costo di ricostruzione CR.
- IS-V (indice di sicurezza), noto anche come Indice di Rischio, è il rapporto tra l'accelerazione di picco al suolo che porta al raggiungimento dello Stato Limite di Salvaguardia della Vita e l'accelerazione prevista per un nuovo edificio nel sito in esame.

Perdita Media Annua attesa (PAM)	Classe PAM
$PAM \leq 0,50\%$	A <sup>+</sup> <sub>PAM</sub>
$0,50\% < PAM \leq 1,0\%$	A <sub>PAM</sub>
$1,0\% < PAM \leq 1,5\%$	B <sub>PAM</sub>
$1,5\% < PAM \leq 2,5\%$	C <sub>PAM</sub>
$2,5\% < PAM \leq 3,5\%$	D <sub>PAM</sub>
$3,5\% < PAM \leq 4,5\%$	E <sub>PAM</sub>
$4,5\% < PAM \leq 7,5\%$	F <sub>PAM</sub>
$7,5\% \leq PAM$	G <sub>PAM</sub>

Indice di Sicurezza	Classe IS-V
$100\% < IS-V$	A <sup>+</sup> <sub>IS-V</sub>
$100\% \leq IS-V < 80\%$	A <sub>IS-V</sub>
$80\% \leq IS-V < 60\%$	B <sub>IS-V</sub>
$60\% \leq IS-V < 45\%$	C <sub>IS-V</sub>
$45\% \leq IS-V < 30\%$	D <sub>IS-V</sub>
$30\% \leq IS-V < 15\%$	E <sub>IS-V</sub>
$IS-V \leq 15\%$	F <sub>IS-V</sub>

Si mettono in relazione due parametri per individuare la classe di Rischio e si privilegia nel confronto la classe più bassa (rischio maggiore). Le linee guida hanno definito 8 classi di rischio sismico da A+ a G, in cui la classe A+ è quella con rischio minore.



Al fine di accedere alle agevolazioni fiscali (Sismabonus) sono disponibili due metodi per determinare la classe di rischio:

- **Metodo convenzionale**
- **Metodo semplificato**

Il **metodo convenzionale** può essere applicato a ogni tipologia costruttiva, si basa sui metodi di analisi previsti dalle Norme Tecniche per le Costruzioni e consente di valutare la Classe di Rischio sismico nello stato di fatto e dopo l'eventuale intervento, con conseguente passaggio di classe di rischio.

Per prima cosa è necessario individuare la domanda sismica, ovvero l'accelerazione al suolo  $PGA_D$  e il relativo tempo di ritorno  $T_{rD}$ , funzione del sito su cui sorge l'edificio, della classe d'uso e dalla vita nominale dell'opera.

Per ogni stato limite (SLV, SLD, SLO e SLC) si determina la massima accelerazione al suolo  $PGA_C$  per la quale la struttura risulta verificata allo stato di fatto.

Date queste accelerazioni si ricava:

$$T_{rc} = T_{rD} (PGA_c/PGA_b)^n$$

In cui  $n=1/04.1$

Ad ogni tempo di ritorno  $T_{rc}$  è associata la frequenza media annua di superamento  $\lambda$  per gli Stati Limite analizzati (SLV, SLD, SLO e SLC):  $\lambda = 1/T_{rc}$

Stato Limite	CR(%)
SLR	100%
SLC	80%
SLV	50%
SLD	15%
SLO	7%
SLID	0%

Utilizziamo queste informazioni per determinare la Perdita Annua Media attesa.

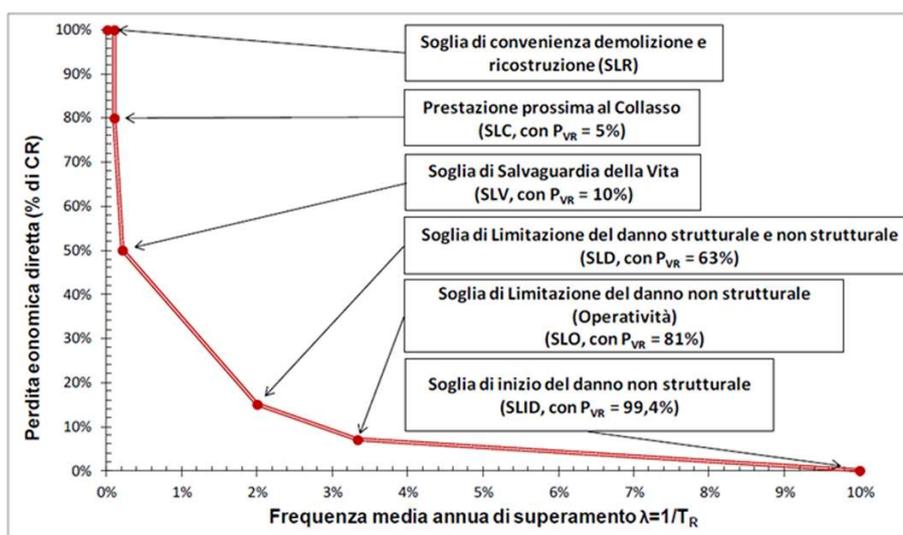
Le norme associano un Costo di Ricostruzione CR ad ogni stato limite (si veda tabella a fianco).

I valori minimi e massimi di perdita economica per una costruzione sono impostati rispettivamente allo 0% e al 100% del Costo di Ricostruzione, si associano tali valori rispettivamente allo Stato Limite di Inizio Danno (SLID) e allo Stato Limite di Ricostruzione (SLR).

Riportiamo, quindi, in un grafico in ordinata le frequenze  $\lambda$  ottenute dalle analisi e in ascissa i relativi costi di ricostruzione.

Si valuta il PAM come l'area sottesa alla spezzata individuata dalle coppie di punti  $\lambda$  e CR per ciascuno degli stati limite, a cui si aggiunge il punto  $\lambda = 0$  che corrisponde a CR=100%, mediante l'espressione seguente:

$$PAM = \sum_{i=2}^5 [\lambda(SL_i) - \lambda(SL_{i-1})] * [CR(SL_i) + CR(SL_{i-1})]/2 + \lambda(SLC) * CR(SLR)$$



Abbiamo, quindi, con questo parametro effettuato una valutazione di tipo economico del rischio sismico.

Il secondo parametro, IS-V, è dato dal rapporto tra capacità e domanda della costruzione in termini di accelerazione di picco al suolo PGA per lo Stato Limite di Salvaguardia della Vita. Determinati i due parametri risultano individuate le relative classi di rischio, tra le quali viene scelta la peggiore. Le stesse operazioni andranno eseguite per lo stato post intervento in modo da valutare la nuova classe di rischio, da confrontare con la precedente.

Il **metodo semplificato** è invece basato sulla classificazione macrosismica dell'edificio ed è un metodo speditivo consentito solo per gli edifici in muratura. Questa procedura è valida sia per una valutazione preliminare indicativa, sia per valutare la classe di rischio in relazione all'adozione di interventi di tipo locale. Consente al massimo il miglioramento di una classe di rischio.

Bisogna individuare la tipologia strutturale che meglio descrive la costruzione e la relativa classe di vulnerabilità media, considerando eventuali fattori che possano determinare un peggioramento della classe di vulnerabilità media di partenza.

Definita la Classe di Rischio di una costruzione in muratura è possibile valutarne gli eventuali interventi di miglioramento e di mitigazione del rischio; nelle Linee Guida vengono quindi esplicitate le condizioni per il passaggio della Classe di Rischio.

**Il software DOLMEN permette di fare la classificazione sia con il metodo convenzionale che con il metodo semplificato.**

Per quanto riguarda il metodo convenzionale si modella la costruzione nel CAD 3D Struttura e si salva lo scenario di domanda sismica strutturando gli spettri a partire dalla vita nominale, dai dati inerenti il sito,...

Trattandosi di strutture esistenti è probabile che il sisma richiesto da Normativa non sia sopportato dalla costruzione in esame, è quindi necessario abbassare la vita nominale fino ad ottenere una configurazione che la struttura può sopportare; a questo punto si salva lo scenario pre-intervento.

Le NTC 2008 indicano come calcolare il periodo di ritorno ( $T_R$ ) del sisma in funzione della vita nominale dell'opera e della probabilità di eccedenza nel periodo di riferimento ( $P_{VR}$ ); gli spettri sismici sono definiti solo per periodi di ritorno superiori a 30 anni. Le Linee guida per la classificazione del rischio sismico permettono di considerare periodi di ritorno dell'azione sismica inferiori a 30 anni scalando proporzionalmente le ordinate dello spettro associato al periodo di ritorno di 30 anni. DOLMEN ricava gli spettri interpolati e segnala i valori di  $a_g$  ottenuti.

Nel caso in cui la costruzione sia verificata per un'azione sismica con  $T_R$  inferiore a 10 anni oppure non sia verificata, è necessario indicare che la struttura non è verificabile, viene così assegnata la classe di rischio G senza eseguire nessun altro calcolo. Altrimenti con lo stato pre-intervento viene valutata la corrispondente classe di rischio.

A questo punto si modifica la struttura per schematizzare l'intervento che si intende realizzare; una volta raggiunta la situazione voluta si salva lo scenario post-intervento. Si può quindi effettuare il calcolo della nuova classe di rischio; DOLMEN consente di redigere una relazione che contiene un'introduzione teorica, un report dei parametri calcolati e l'asseverazione definita dall'allegato B delle Linee Guida, già compilata.

CDM Dolmen Srl-custom

**2 - ANALISI DATI e CALCOLO**

Le Linee guida per la classificazione sismica indicano i seguenti passi per il calcolo del parametro PAM:

- si effettua l'analisi della struttura e si determinano i valori delle accelerazioni al suolo di capacità (PGA<sub>c</sub>) che inducono il raggiungimento degli stati limite;
- si determinano i periodi di ritorno ( $T_{rc}$ ) corrispondenti alle accelerazioni determinate al punto precedente;
- per ciascuno dei periodi individuati, si determina il valore della frequenza media annua di superamento  $\lambda = 1/T_{rc}$ ;
- si definisce lo Stato Limite di Inizio Danno (SLID) con periodo di ritorno assunto convenzionalmente pari a 10, quindi  $\lambda = 0.1$ ;
- per ciascuno degli stati limite considerati si associa al corrispondente valore di  $\lambda$  il valore della percentuale di costo di ricostruzione secondo la seguente tabella:

Stato Limite	CR(%)
SLR	100%
SLC	80%
SLV	50%
SLD	15%
SL0	7%
SLID	0%

*Percentuale del costo di ricostruzione (CR) associata al raggiungimento di ciascuno stato limite*

- si valuta il PAM (in valore percentuale) ovvero l'area sottesa alla spezzata individuata dalle coppie di punti ( $\lambda, CR$ ) per ciascuno degli stati limite a cui si aggiunge il punto ( $\lambda=0, CR=100%$ ) mediante la seguente formula:

$$PAM = \sum_{i=1}^n [\lambda(SL_i) - \lambda(SL_{i+1})] * CR(SL_i) + CR(SL_{n+1})/2 + \lambda(SL_n) * CR(SLR)$$

Le Linee guida per la classificazione sismica permettono di considerare periodi di ritorno per l'azione sismica inferiori a 30 anni. In tali casi si utilizza uno spettro ottenuto scalando proporzionalmente le ordinate dello spettro associato al periodo di ritorno di 30 anni. Tale procedura non si applica per periodi di ritorno inferiori a 10 anni.

L'indice di sicurezza per la vita IS-V si ottiene facendo il rapporto descritto nel capitolo introduttivo.

Per la costruzione oggetto di questa analisi, sono stati ricavati i seguenti dati.

Valori di accelerazione di picco al suolo di domanda per i due stati limite principali e relativi periodi di ritorno:

- SLD: PGA<sub>c</sub> = 0.102918g  $T_{rc}$  = 50 anni
- SLV: PGA<sub>c</sub> = 0.260723g  $T_{rc}$  = 475 anni

Valori di accelerazione di picco al suolo di capacità della struttura prima dell'intervento e relativi periodi di ritorno:

- SLD: PGA<sub>c</sub> = 0.049883g  $T_{rc}$  = 19 anni
- SLV: PGA<sub>c</sub> = 0.181952g  $T_{rc}$  = 180 anni

Valori di accelerazione di picco al suolo di capacità della struttura dopo l'intervento e relativi periodi di ritorno:

- SLD: PGA<sub>c</sub> = 0.085633g  $T_{rc}$  = 35 anni
- SLV: PGA<sub>c</sub> = 0.228804g  $T_{rc}$  = 332 anni

A partire dai dati ottenuti dal solutore 3D di Dolmen, si calcolano i seguenti valori di frequenza per la costruzione pre-intervento:

- SLID:  $\lambda$  = 10%
- SL0:  $\lambda$  = 8.8%

RELAZIONE CLASSIFICAZIONE DEL RISCHIO SISMICO 5 / 8

CDM Dolmen Srl-custom

- SLD:  $\lambda$  = 5.3%
- SLV:  $\lambda$  = 0.6%
- SLC:  $\lambda$  = 0.3%
- SLR:  $\lambda$  = 0%

Per la costruzione post-intervento:

- SLID:  $\lambda$  = 10%
- SL0:  $\lambda$  = 4.8%
- SLD:  $\lambda$  = 2.9%
- SLV:  $\lambda$  = 0.2%
- SLC:  $\lambda$  = 0.1%
- SLR:  $\lambda$  = 0%

Utilizzando i dati elencati precedentemente, è possibile calcolare i parametri PAM e IS-V.

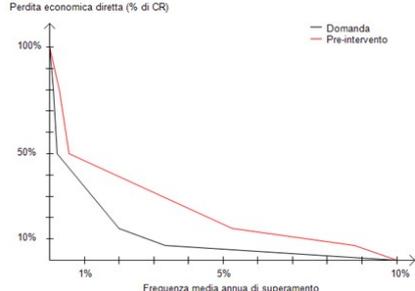
Per la situazione **pre-intervento** si ottengono i seguenti valori:

- PAM = 2.4%, classe di rischio PAM: C
- IS-V = 70%, classe di rischio IS-V: B

Per la situazione **post-intervento** si ottengono i seguenti valori:

- PAM = 1.5%, classe di rischio PAM: B
- IS-V = 88%, classe di rischio IS-V: A

Per la situazione **pre-intervento** si ottiene la seguente curva.



*Andamento della curva che individua il PAM per la situazione pre-intervento.*

Per la situazione **post-intervento** si ottiene la seguente curva.

RELAZIONE CLASSIFICAZIONE DEL RISCHIO SISMICO 6 / 8

DOLMEN consente anche di applicare il metodo semplificato. La prima informazione da fornire per ottenere la classificazione riguarda il materiale di cui è costituita la struttura. Il programma presenta una tabella analoga a quella riportata dalle Linee Guida e chiede di selezionare una delle proposte, in questo modo viene associata la classe media di Vulnerabilità Globale che, in funzione della zona sismica, definisce la classe di rischio sismico.

In funzione della tipologia strutturale scelta il programma abilita la selezione di un solo gruppo di meccanismi locali con le rispettive peculiarità; se la sezione relativa ai meccanismi locali viene lasciata priva di selezioni la classe di vulnerabilità pre-intervento non viene abbassata. Dopodiché si passa ai possibili interventi locali che permettono di migliorare la vulnerabilità della costruzione, la scelta dipende dalle opzioni selezionate in precedenza. Si arriva quindi alla visualizzazione dei risultati della classificazione e, anche in questo caso, viene generata una relazione composta da un'introduzione teorica e dall'attestazione compilata con tutti i dati e i parametri ottenuti.

CDM Dolmen Srl-custom

### 1 - RICHIAMI TEORICI

Viene di seguito riportata la valutazione della Classe di Rischio Sismico della struttura modellata. La classificazione viene eseguita secondo il Metodo Semplificato, descritto dalle Linee guida per la classificazione del rischio sismico delle costruzioni, che si basa sulla classificazione macrosismica dell'edificio. Questo metodo è indicato per una valutazione specifica della classe di rischio dei soli edifici in muratura e può essere utilizzato sia per una valutazione preliminare indicativa, sia per valutare, limitatamente agli edifici in muratura, la classe di rischio in relazione all'adozione di interventi di tipo locale.

L'attribuzione della classe di rischio mediante il metodo semplificato è da ritenersi una stima attendibile ma non sempre coerente con la valutazione ottenuta con il metodo convenzionale, che rappresenta, allo stato attuale, il necessario riferimento omogeneo e convenzionale.

Nello specifico si determina, sulla base delle caratteristiche della costruzione, la classe di rischio di appartenenza a partire dalla classe di vulnerabilità definita dalla Scala Macrosismica Europea (EMS) di seguito riportata.

Tipologia di struttura	Classe di vulnerabilità					
	V <sub>1</sub> (M <sub>1</sub> )	V <sub>2</sub> (M <sub>2</sub> )	V <sub>3</sub> (M <sub>3</sub> )	V <sub>4</sub> (M <sub>4</sub> )	V <sub>5</sub> (M <sub>5</sub> )	V <sub>6</sub> (M <sub>6</sub> )
Muratura di pietra senza legante (a secco)	○					
Muratura di mattoni di terra cruda (adobe)	○	○				
Muratura di pietra sbalzata	○	○	○			
Muratura di pietra massiccia per costruzioni monumentali	○	○	○	○		
Muratura di mattoni e pietra sverata	○	○	○	○	○	
Muratura di mattoni e solai di rigidità elevata	○	○	○	○	○	○
Muratura rinforzata e/o confinata	○	○	○	○	○	○

Approccio semplificato per l'attribuzione della Classe di Vulnerabilità agli edifici in muratura

L'EMS-98 individua 7 tipologie di edifici in muratura (principalmente in base alla struttura verticale) e fissa la vulnerabilità media di ciascuna individuando 6 classi con vulnerabilità crescente dal pedice 1 al pedice 6. La tabella individua il valore più credibile (cerchio) e la dispersione intorno a tale valore, espressa con i valori più probabili (linee continue) e meno probabili o addirittura eccezionali (linee tratteggiate). La valutazione della classe di vulnerabilità deve essere condotta in due passi successivi:

- determinazione della tipologia strutturale che meglio descrive la costruzione in esame e della classe di vulnerabilità media associata;
- valutazione dell'eventuale sostanziale della classe media a causa di un elevato degrado, di una scarsa qualità costruttiva o della presenza di peculiarità che possono innescare meccanismi di collasso locale per valori particolarmente bassi dell'azione sismica e aumentare la vulnerabilità globale.

La classe di vulnerabilità, in relazione alla pericolosità del sito in cui è localizzato l'edificio, corrisponde a una Classe di Rischio. Per semplicità, la pericolosità del sito è individuata attraverso la zona sismica di appartenenza così come definita dall'O.P.C.M. 3274 del 20/03/2003 e successive modifiche e integrazioni. È così possibile definire le corrispondenze tra classi di vulnerabilità e classi di rischio. Per distinguere l'attribuzione di classe mediante il metodo semplificato da quella ottenuta mediante il metodo convenzionale, le classi ottenute con il metodo semplificato sono contrassegnate da un asterisco.

Per quanto riguarda gli interventi migliorativi, il passaggio alla classe di rischio immediatamente superiore si ritiene valido solo quando siano soddisfatte alcune condizioni indicate in specifiche tabelle riportate nelle Linee guida per la classificazione del rischio sismico delle costruzioni. L'entità degli interventi deve essere tale da non produrre sostanziali modifiche al comportamento della struttura nel suo insieme e da consentire quindi l'inquadramento come interventi locali, con riferimento alle murature.

RELAZIONE CLASSIFICAZIONE DEL RISCHIO SISMICO 5 / 6

CDM Dolmen Srl-custom

### 2 - ALLEGATO B

**ASSEVERAZIONE AI SENSI DELL'ART. 4 COMMA 1 DEL DECRETO MINISTERIALE 58 del 28/02/2017**

**CLASSIFICAZIONE SISMICA DELLA COSTRUZIONE**

situata nel COMUNE di Torino al seguente indirizzo: via Drovetti 9/F  
riportata al catasto al Foglio n.10 Particella n. 2 sub. n. 1

Coordinate geografiche di due spigoli opposti della costruzione (WGS 84 - gradi decimali - fuso 32-33)

Spigolo 1 | Lat. 42.3959 | Lon. 13.3957  
Spigolo 2 | Lat. 42.3959 | Lon. 13.3957

Il sottoscritto Ing. Rossi, nato a Mondovì, residente a Cuneo, in via Roma 4, C.F. F55D5C89D70F451N, iscritto all'Ordine degli Ingegneri della Provincia di Cuneo n. iscrizione A2718, consapevole delle responsabilità penali e disciplinari in caso di mendaci dichiarazioni,

PREMESSO

che è in possesso dei requisiti richiesti dall'art. 3 del Decreto Ministeriale n.65 del 7/03/2017, che opera nella qualità di tecnico incaricato di effettuare:

- la Classificazione del Rischio Sismico dello stato di fatto della costruzione sopra individuata;
- il progetto per la riduzione del Rischio Sismico della costruzione sopra indicata e la relativa Classificazione del Rischio Sismico conseguente l'intervento progettato;

ASSEVERA

LA SEGUENTE DICHIARAZIONE

Dalle analisi della costruzione emerge quanto segue:

STATO DI FATTO (prima dell'intervento):

- Classe di Rischio della costruzione: **E\***
- Valore dell'indice di sicurezza strutturale (IS-V): **--**
- Valore della perdita annuale media (PAM): **---**
- Linea Guida, utilizzata come base di riferimento per le valutazioni, approvata con D.M. n. 58 del 28/02/2017; successivi aggiornamenti del 7/03/2017;
- Classe di Rischio attribuita utilizzando il **metodo semplificato**;
- si allega la relazione illustrativa dell'attività conoscitiva svolta e dei risultati raggiunti;

STATO CONSEGUENTE L'INTERVENTO PROGETTATO:

- Classe di Rischio della costruzione: **D\***
- Valore dell'indice di sicurezza strutturale (IS-V): **--**
- Valore della perdita annuale media (PAM): **---**
- Linea Guida, utilizzata come base di riferimento per le valutazioni, approvata con D.M. n. 58 del 28/02/2017; successivi aggiornamenti del 7/03/2017;
- Classe di Rischio attribuita utilizzando il **metodo semplificato**;
- si allega la relazione illustrativa dell'attività conoscitiva svolta e dei risultati raggiunti, inerenti la valutazione relativa alla situazione post-intervento.

EFFETTO DELLA MITIGAZIONE DEL RISCHIO CONSEGUITO MEDIANTE L'INTERVENTO PROGETTATO

Gli interventi strutturali progettati consentono una riduzione del Rischio Sismico della costruzione ed il passaggio di un numero di Classi di Rischio, rispetto alla situazione ante opera, pari a 1 classe.

RELAZIONE CLASSIFICAZIONE DEL RISCHIO SISMICO 6 / 6

Per maggiori informazioni visitate la pagina del sito CDM DOLMEN:

<http://www.cdmdolmen.it/Prodotti/sismabonus.htm>