



TERAMO 8 giugno 2018
ore 9,30

BONUS CASA

SISMABONUS & **ECO**BONUS

ASPETTI TECNICI, GIURIDICI E FINANZIARI DELLE AGEVOLAZIONI
DALLA RISTRUTTURAZIONE... AI MOBILI

APPLICAZIONE A CASI DI STUDIO

**Intervento di miglioramento sismico su edifici esistenti in muratura
percorso speditivo e parametrizzazione dei costi di intervento**

ALBERTO LEMME

IL PERCORSO DALLA PREVENZIONE ALLA RICOSTRUZIONE



SISMA ABRUZZO 2009 : RESTAURO E MIGLIORAMENTO SISMICO DI DUE AGGREGATI EDILIZI UBICATI NEL CENTRO STORICO DI L'AQUILA



AGGREGATO IN PIAZZA IX MARTIRI



DANNO

Piazza IX Martiri : danno grave diffuso (D3-D4)

Via Garibaldi-US 1 : danno grave con crollo del secondo livello (D4-D5)

BONUS CASA - SISMABONUS & ECOBONUS



AGGREGATO IN VIA GARIBALDI



STRUTTURE VERTICALI

Le pareti verticali sono costituite da due paramenti tra di loro accostati e debolmente ammorsati composti da muratura di pietre sbazzate di piccolo spessore e forma irregolare, disposte in modo casual (pareti interne) e a ricorsi con con pietre di maggiori dimensioni (pareti perimetrali).

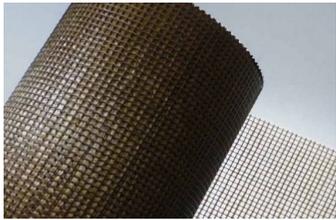


STRUTTURE ORIZZONTALI

- Solai in legno o ferro e voltine ai piani superiori
- Volte in mattoni o pietra ai piani inferiori
- Coperture senza cordoli in legno

INTERVENTO SULLE STRUTTURE VERTICALI

Riparazione del danno, bonifica e risanamento, connessioni trasversali e rinforzo eseguito con l'applicazione di "malta armata" realizzata con matrici inorganiche e rete strutturale in fibra di basalto. I pannelli sono stati sottoposti a prove di compressione diagonale .



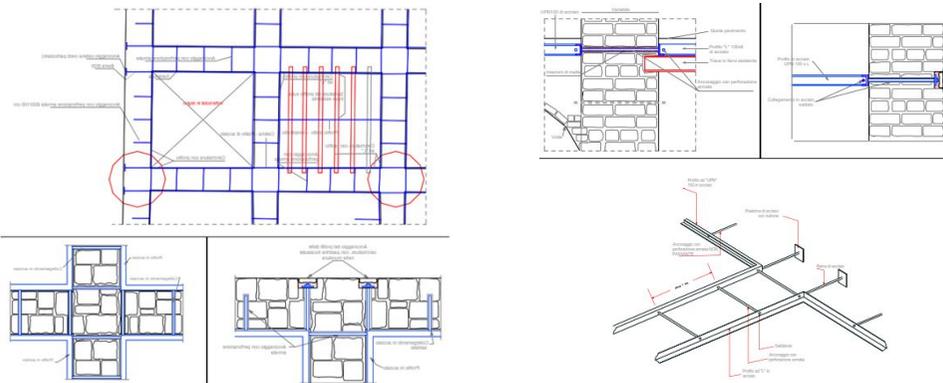
COSTO E RIDUZIONE DELLA VULNERABILITA'

Strutture Verticali : riduzione della vulnerabilità circa 42% di cui 31% per interventi di riparazione del danno e risanamento delle murature, costo 391€/mq, e 11,54% per interventi C di rinforzo, costo 206€/mq. Costo complessivo 497 euro/mq.



INTERVENTI SULLE STRUTTURE ORIZZONTALI

- Collegamenti di piano in profili di acciaio collegati alle pareti perimetrali
- Rinforzo delle volte in muratura con rete in basalto e malta di calce a tutta superficie integrato con frenelli e rinfilanco con materiale leggero, rinforzo o rifacimento dei solai
- Ricostruzione delle volte a crociera del piano secondo in mattoni pieni in foglio



COSTO E RIDUZIONE DELLA VULNERABILITA'

riduzione vul 19,24% di cui 9,62% per i collegamenti di piano con costo di 50 euro/mq e 9,62% per il rinforzo dei solai con costo di 150 euro/mq



INTERVENTI IN COPERTURA

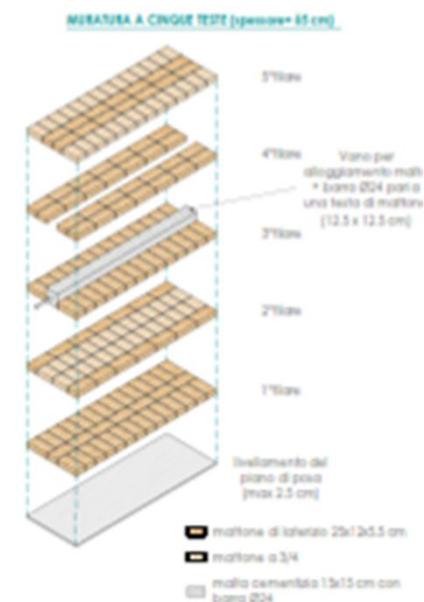
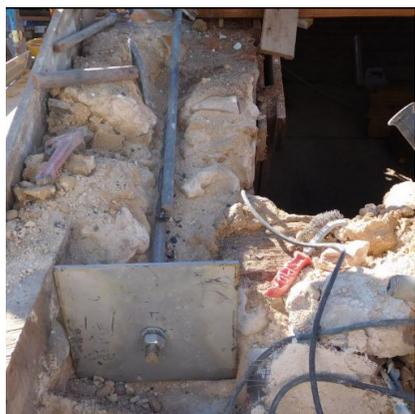
In legno o in ferro e tavelloni

In alcuni ambienti presenza di cordoli in c.a.

Le coperture sono state sostituite o restaurate con struttura lignea.

E' stato realizzato un cordolo in muratura armata con barre in acciaio inox e

I cordoli in c.a sono stati rimossi



COSTO E RIDUZIONE DELLA VULNERABILITA'

Copertura : cordolo riduzione vul 5,77% con costo di 39 euro/mq, rifacimento della copertura con riduzione di vul pari a 5,77% e costo di 91 euro/mq.



Correlazione danno-vulnerabilità	Muratura		
	Livello di vulnerabilità		
	V1 bassa	V2 media	V3 elevata
D0 – danno nullo	L0	L0	L1
D1 – danno lieve	L0	L1	L1
D2 – danno moderato	L1	L1	L2
D3 – danno medio	L1	L2	L2
D4 – danno grave	L2	L2	L3
D5 – danno gravissimo	L2	L3	L3

Esiti e sottoesiti delle U.S. (edifici)	Livelli di contributo unitario (€/mq)
A (in aggregato con B e/o C))	LA = 200
B e/o C (isolati o in aggregato)	LBC = 300
A e/o B e/o C (in aggr. con E)	LBCE = 500
E0	L0 = 700
E1	L1 = 1000
E2	L2 = 1100
E3	L3 = 1270

SISMA 2009 MODELLO PARAMETRICO L'AQUILA

V1 – BASSA $P \leq 20$

V2 – MEDIA - $21 \leq P \leq 39$

V3 – ELEVATA $P \geq 40$

Edificio Piazza IX Martiri

D2 – V3 – L2=1100 euro/mq

Magg. interesse paesaggistico e pregio circa 55%

Livello contributo concedibile 1757 euro/mq

Edificio Via Garibaldi

D4 – V3 – L3 = 1270 euro/mq

magg interesse paesaggistico e pregio circa 62%

Livello contributo concedibile 2057 euro/mq

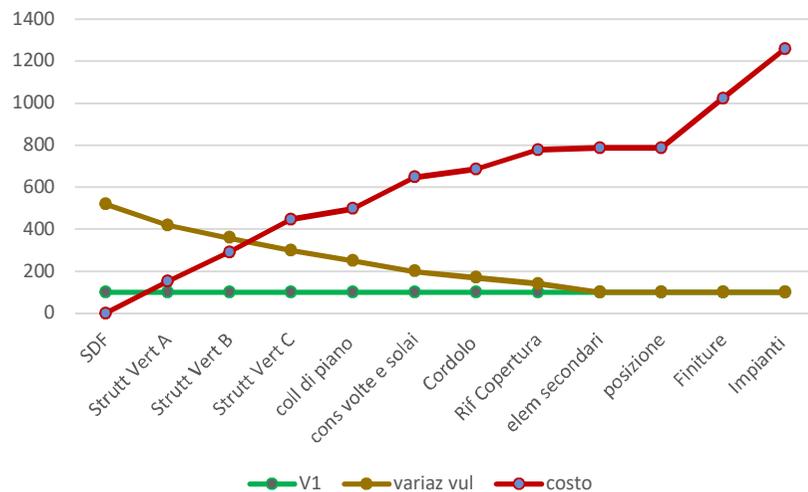
n.	INDICATORI DI VULNERABILITA'	V3 = elevate	V2 = media	V1 = bassa	V3	V2	V1
1	qualità della muratura	caotica, sbazzata senza ricorsi e orizzontalità, diatoni, ...	sbazzata con ricorsi, a spacco, ...	squadrata, mattoni pieni, con ricorsi, diatoni	15	8	4
2	qualità delle connessione della muratura alle angolate ed ai martelli.	Assente	Irregolari	alternanza regolare	6	4	1
3	Presenza di muratura gravante in falso, almeno su un livello, sulle strutture orizzontali per almeno il 10% della superficie in pianta.	Presente		assente	3	0	0
4	Elevata distanza tra pareti portanti successive (rapporto massimo interasse/spessore della muratura maggiore di 14)	>14	$\geq 10; < 14$	<10	4	2	0
5	Orizzontamenti : collegamento alle strutture verticali portanti	Assenti o mal collegati	collegamenti poco efficaci	ben collegati	10	5	0
6	Strutture di copertura : collegamento alle strutture verticali portanti	Assente, mal collegato/pesante	collegamenti poco efficaci	ben collegati	8	5	2
7	Presenza di impalcati impostati su piani sfalsati con dislivello maggiore di 1/3 dell'altezza di interpiano	Si	No	No	4	1	1
8	Carenza di collegamenti fra gli elementi non strutturali e la struttura.	assente	poco efficaci	efficaci	4	2	0
9	Posizione nell'aggregato	testata/angolo	Interno sporgente	interno	3	0	0
Totale punteggio massimo					57	27	8

SISMA ABRUZZO 2009 - MODELLO PARAMETRICO : ANALISI COSTO-VULNERABILITA'

Nel grafico sull'asse delle X sono indicati gli interventi comprese le finiture e gli impianti riferiti solo al costo.

Sull'asse delle Y è rappresentato:

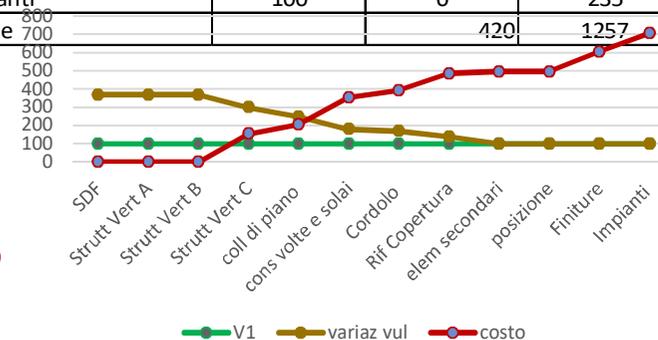
- Il punteggio decrescente di vulnerabilità dopo la esecuzione di ogni intervento, dallo SDF con vulnerabilità elevata
- il valore crescente del costo dopo la esecuzione di ogni intervento.
- Il punteggio della vulnerabilità bassa ($V_1=8$) corrispondente a circa il 60% della capacità sismica allo SLV



Ricostruzione pesante : Livello di costo L3

Ricostruzione leggera : Livello di costo Lo

interventi	variaz vul	var uitaria vul	costo unit	costo	var% vul	
SDF	520	0	0	0	0%	
Strutt Vert A	420	100	151	151	0,00%	
Strutt Vert B	360	60	140	291	14,29%	
Strutt Vert C	300	60	156	447	14,29%	
coll di piano	250	50	50	497	11,90%	
cons volte e solai	200	50	150	647	11,90%	
Cordolo	170	30	39	686	7,14%	
Rif Copertura	140	30	91	777	7,14%	
elem secondari	100	40	10	787	9,52%	
posizione	100	0	0	787	0,00%	
Finiture	100	0	235	1022	0,00%	
Impianti	100	0	235	1257	0,00%	
Totale				420	1257	



SISMA ABRUZZO 2009 - CONFRONTO CON LE LINEE GUIDA DEL 2017 PER LA CLASSIFICAZIONE DEL RISCHIO SISMICO

Intervento pesante - Invasivo

Aggregato	Garibaldi		IX Martiri	
	Prima	dopo	prima	Dopo
Punteggio Vulnerabilità - L'Aquila	P=52 V3=elevate	P=9 V1=Bassa	P= 51 V3=elevata	P=8 V1=bassa
➤ Miglioramento sismico - €/mq			587	
➤ Finiture e impianti - €/mq			270	
➤ Riparazione del danno - €/mq			400	
➤ Costo Totale - €/mq			1257	
Indice di sicurezza	Is=13,63%	IS = 75%	Is = 10,40%	Is =65,10%
Classe rischio DM 6-3-2017	F > B		F > B	

Indice di Sicurezza	Classe IS-V
100% < IS-V	A ⁺ _{IS-V}
100% ≤ IS-V < 80%	A _{IS-V}
80% ≤ IS-V < 60%	B _{IS-V}
60% ≤ IS-V < 45%	C _{IS-V}
45% ≤ IS-V < 30%	D _{IS-V}
30% ≤ IS-V < 15%	E _{IS-V}
IS-V ≤ 15%	F _{IS-V}

**MURATURA : INTERVENTO LEGGERO
BASSA INVASIVITA' - SALTO 1 CLASSE**

è adottabile per gli edifici con vulnerabilità bassa caratterizzati da una muratura di buona qualità, con solai deformabili o rigidi e una copertura leggera non spingente.

Esempio : Edificio ubicato in zona S1 - Epoca di costruzione <1919

Muratura in pietrame sbozzato con ricorsi in mattoni, solai in ferro e voltine e in legno, copertura in legno

Classe Ems 98 B; classe di rischio prima intervento E ; Dopo intervento D

Interventi : Collegamenti di piano in acciaio su tutti i livelli , intervento parziale in fondazione

Costo intervento circa 40.000 euro pari a circa 120-130 euro/mq



MURATURA : INTERVENTO MEDIO

INVASIVITA' MEDIO BASSA - SALTO 2 CLASSI

Esempio 2 : Edificio ubicato in zona S2 - Epoca di costruzione <1945

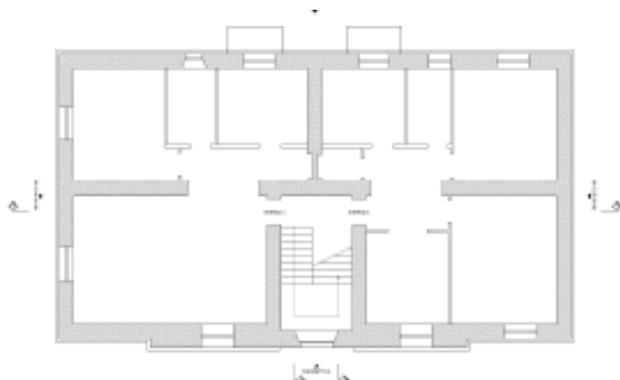
Le murature sono realizzate con conci sbozzati di tufo con ricorsi in mattoni pieni, malta scadente. I solai del piano rialzato sono realizzati con volte in mattoni disposti in foglio con riempimento di materiale incoerente , i solai del primo e secondo livello sono in travi in ferro e tavelloni mentre il solaio del terzo livello e la copertura sono realizzati con travetti in laterocemento e pignatte.

Classe Ems 98 B_C; prima intervento $I_s = 0,41$ classe di rischio D; dopo intervento $I_s = 0,62$, classe di rischio B

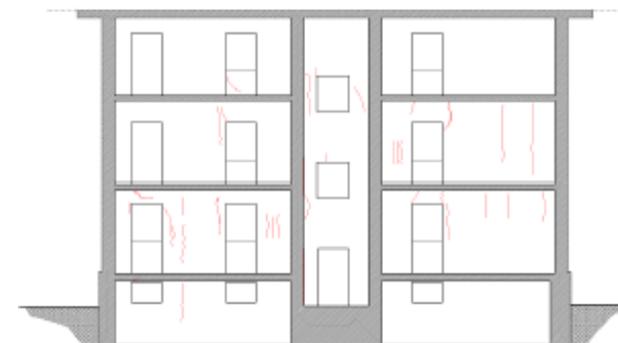
Interventi : Consolidamento della murature al piano terra e primo e connessioni trasversali a tutti i livelli, Collegamenti di piano a tutti i livelli, Interventi locali su 2 archi e sulle piattabande

Cordolo in acciaio in copertura

Costo intervento circa 300.000 euro pari a circa 300 euro/mq



BONUS CASA - SISMABONUS & ECOBONUS



TIPOLOGIE INTERVENTI PER GLI EDIFICI IN MURATURA

Intervento leggero : è adottabile per gli edifici con vulnerabilità bassa caratterizzati da una muratura di buona qualità, con solai deformabili o rigidi e una copertura leggera non spingente. BASSA INVASIVITA' - Si prevede :

- l'inserimento dei collegamenti di piano - catene
- la realizzazione di un cordolo o di un cerchiaggio di sommità
- il consolidamento delle piattabande
- l'eventuale regolarizzazione del tessuto murario.

	c.a. €/mq	mur €/mq
leggera	200	200
media	450	400
pesante	700	750

L'intervento leggero prevede un costo variabile tra 100 e 300 euro al mq – SALTO 1 CLASSE

Intervento medio applicabile agli edifici che differiscono dai primi per il livello vulnerabilità variabile da media ad elevata.

Sono previsti interventi di cuciture, chiusura di aperture o nicchie, e consolidamento delle piattabande e delle murature. Anche in questo. L'inserimento di catene o la realizzazione dei collegamenti di piano e gli interventi in copertura sono necessari per contrastare i modi di danno locale. MEDIA INVASIVITA' - SALTO 1-2 CLASSI

L'intervento medio prevede un costo variabile tra 300 e 500 euro al mq

Intervento pesante per gli edifici con vulnerabilità elevata, muratura di qualità scadente e numerose carenze costruttive, assenza di collegamenti di piano e copertura spingente. Sono previsti gli interventi del livello medio in modo diffuso e il consolidamento delle murature, che può essere realizzato con differenti tecnologie (collegamenti trasversali e iniezioni, cuciture armate attive, materiali compositi, ..) – INVASIVITA ELEVATA

Il costo di intervento è maggiore di 500 euro/mq in funzione della zona sismica – SALTO ≥ CLASSI

LINEE GUIDA PER CLASSIFICAZIONE DEL RISCHIO SISMICO DELLE COSTRUZIONI

D.M. N. 58 DEL 28.02.2017 E MODIFICHE D.M. N. 65 DEL 07.03.2017

Le Linee Guida per la classificazione del rischio sismico delle costruzioni individuano otto classi : da A+ (rischio minore) a G (rischio maggiore).

Le linee guida forniscono due metodologie per la valutazione della vulnerabilità :

➤ **convenzionale**, applicabile a qualsiasi tipologia di costruzione e qualunque miglioramento del numero di classi di rischio sismico che si basa sui metodi di analisi previsti dalle NTC 2008-2018

➤ **semplificata**

- **Edifici in muratura** applicabile, per la detrazione fiscale con il miglioramento di una classe di rischio : collegamenti di piano, riduzione delle spinte,
- **Edifici industriali** riduzione delle carenze nelle unioni tra elementi strutturali e delle connessione tra il sistema di tamponatura esterna e la struttura portante e di stabilità di impianti e macchinari
- **Edifici in cemento armato** : confinamento dei nodi perimetrali, impedimento del ribaltamento delle tamponature, eventuali ripristino di zone danneggiate e/o degradate

Classe	$V_r = V_n * C_u$	T_r	I_s	Ems 98 (zona 1-2)
A+	$V_r \geq 200$	$T_r \geq 1898$	≥ 1.00	Fems – Ems
A	$V_r \geq 100$	$T_r \geq 949$		
B	$V_r \geq 50$	$T_r \geq 475$	0.8 – 1.00	Eems - Dems
C	$V_r \geq 35$	$T_r \geq 332$	0.6-0.8	Dems – Cems
D	$V_r \geq 15$	$T_r \geq 146$	0.4 – 0.6	Cems – Bems
E	$V_r \geq 6$	$T_r \geq 60$	0.2-0.4	Bems – Aems
F	$V_r \geq 3$	$T_r \geq 30$	0.1 – 0.2	Aems
G	$V_r \leq 3$	$T_r \leq 30$	<0.1	+Aems

PERCORSO PER LA CLASSIFICAZIONE SISMICA – DECRETO 6 MARZO 2017

INDAGINI SISMICHE

Rilievi, analisi, prove e controlli diagnostici – facendo uso soprattutto di tecniche non distruttive – per definire i parametri della costruzione esistente: geometria, dettagli costruttivi e proprietà dei materiali.

VERIFICA DI SICUREZZA SISMICA

Modellazione e simulazione numerica della struttura, con determinazione dei valori delle accelerazioni al suolo di capacità (PGA), che inducono il raggiungimento dello stato limite per la salvaguardia della vita (SLV) e dello stato limite di danno (SLD).

CLASSE DI RISCHIO SISMICO

Attribuzione della classe sismica di appartenenza dell'edificio nella sua interezza, prima della progettazione e dell'esecuzione dell'intervento di rinforzo strutturale finalizzato alla sicurezza sismica, con riduzione del rischio sismico e, di conseguenza, con miglioramento di classe sismica.

PROGETTAZIONE SISMICA

Progetto dell'intervento di rinforzo strutturale da parte di ingegnere abilitato, con asseverazione della classe di rischio dell'edificio precedente l'intervento e quella conseguibile a seguito dell'esecuzione dell'intervento progettato.

INTERVENTO DI RINFORZO SISMICO

Impiego di materiali compositi in fibre di carbonio: tecnica altamente evoluta, leggera, non invasiva, di rapida esecuzione, dalle elevatissime caratteristiche meccaniche che consente, ai sensi delle recenti normative, di rinforzare il sistema strutturale di tutti gli edifici, anche quelli prefabbricati ad uso produttivo.

CLASSIFICAZIONE SISMICA

Certificazioni post intervento del Direttore dei lavori e del Collaudatore in merito alla conformità degli interventi eseguiti, per attestarne l'efficacia al fine della riduzione del rischio sismico, con passaggio dell'edificio a classe sismica superiore

PERCORSO SPEDITIVO E PARAMETRIZZAZIONE DEI COSTI DI INTERVENTO

Per per la valutazione della vulnerabilità sismica degli edifici e della classe di rischio definita dalle linee guida è stato previsto un percorso speditivo di valutazione applicabile a tutte le tipologie costruttive : muratura, cemento armato, acciaio, legno,....

Sono state individuate inoltre analisi parametriche per effettuare la valutazione economica dei costi di intervento in generale e con il Sisma Bonus

Punti fondamentali sono :

- valutazione vulnerabilità – classe rischio(metodo speditivo macrosismico e deficit PGA)
- analisi parametrica dei costi unitari di intervento
- scelta della strategia di intervento in un equilibrato rapporto costi benefici
- difficoltà e problemi connessi alla invasività e alla detrazione fiscale

VALUTAZIONE SEMPLIFICATA DELLA VULNERABILITÀ SISMICA DEGLI EDIFICI E DELLA CLASSE DI RISCHIO

Deficit di PGA e metodo Macrosismico EMS 98

Per gli edifici dove è nota la Domanda e l'azione sismica di progetto e quindi la PGA di progetto ed è possibile determinare il Deficit di Pga e il livello di sicurezza di progetto.

E' possibile per gli edifici costruiti negli ultimi 50-60 anni dove è nota l'azione sismica di progetto.

Per gli edifici dove non è nota l'azione sismica di progetto e per tutti gli edifici in generale è possibile applicare il metodo macrosismico EMS 98 opportunamente modificato per tenere conto delle peculiarità negative e positive dell'edificio indicate dalle LG 2017.

Il valore medio della vulnerabilità può essere calibrato e modificato dalla presenza di vulnerabilità specifiche e/o di presidi antisismici considerati come entrambi modificatori di comportamento.

METODO MACROSISMICO EMS 98 – LG 2017

Classe di Rischio	PAM	Zona 1	Zona 2	Zona 3	Zona 4
A+*	$PAM \leq 0,50\%$				$V_1 \div V_2$
A*	$0,50\% < PAM \leq 0,75\%$			$V_1 \div V_2$	$V_3 \div V_4$
B*	$0,75\% < PAM \leq 1,5\%$	V_1	$V_1 \div V_2$	V_3	V_5
C*	$1,5\% < PAM \leq 2,5\%$	V_2	V_3	V_4	V_6
D*	$2,5\% < PAM \leq 3,5\%$	V_3	V_4	$V_5 \div V_6$	
E*	$3,5\% < PAM \leq 5,5\%$	V_4	V_5		
F*	$5,5\% < PAM \leq 7,5\%$	V_5	V_6		
G*	$7,5\% < PAM$	V_6			

Indice di Sicurezza	Classe IS-V
$100\% < IS-V$	A^+_{IS-V}
$100\% \leq IS-V < 80\%$	A_{IS-V}
$80\% \leq IS-V < 60\%$	B_{IS-V}
$60\% \leq IS-V < 45\%$	C_{IS-V}
$45\% \leq IS-V < 30\%$	D_{IS-V}
$30\% \leq IS-V < 15\%$	E_{IS-V}
$IS-V \leq 15\%$	F_{IS-V}

Tipologia di struttura	Classe di vulnerabilità					
	V ₆ (=A _{EMS})	V ₅ (=B _{EMS})	V ₄ (=C _{EMS})	V ₃ (=D _{EMS})	V ₂ (=E _{EMS})	V ₁ (=F _{EMS})
MURATURA	Muratura di pietra senza legante (a secco)	○				
	Muratura di mattoni di terra cruda (adobe)	○—				
	Muratura di pietra sbozzata	—○				
	Muratura di pietra massiccia per costruzioni monumentali	—○—				
	Muratura di mattoni e pietra lavorata	—○—				
	Muratura di mattoni e solai di rigidità elevata	—○—				
	Muratura rinforzata e/o confinata			—○—		
	CALCESTRUZZO ARMATO	Telai con un livello di progettazione antisismica nullo	—○—			
Telai con un livello di progettazione antisismica moderato		—○—				
Telai con un livello di progettazione antisismica elevato				—○—		
Pareti con un livello di progettazione antisismica nullo		—○—				
Pareti con un livello di progettazione antisismica moderato				—○—		
Pareti con un livello di progettazione antisismica elevato					—○—	

VALUTAZIONE DELLE PECULIARITÀ COSTRUTTIVE E DEI MODIFICATORI DI COMPORTAMENTO PER CALIBRARE LA CLASSE DI VULNERABILITÀ

Si basa sul modello di vulnerabilità della gestione post sisma di L'Aquila e sulle LG 2017 :

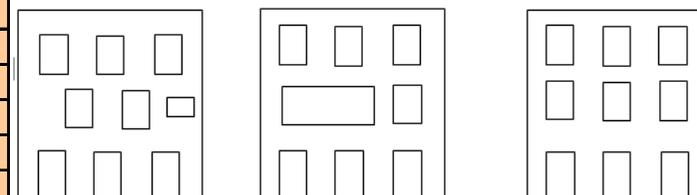
1. qualità costruttiva
2. degrado e/o danneggiamento
3. Spinte orizzontali non contrastate
4. Ammorsatura tra pannelli murari
5. Ammorsatura orizzontamenti alle pareti
6. Dimensioni delle aperture in relazione agli intervalli dei maschi e loro dimensione
7. Regolarità in elevazione delle aperture
8. Presenza di nicchie
9. Interasse tra le pareti (larghezza e altezza) e controventatura
10. Presenza di pannelli murari a doppio strato con camera d'aria
11. Cordoli
12. Regolarità in pianta
13. Regolarità in elevazione
14. Elementi strutturali che possono influenzare il comportamento locale e/o globale.

SCHEDA PARAMETRICA SISMABONUS – LG 2017

VALUTAZIONE PECULIARITA' TIPOLOGIA STRUTTURALE (POSITIVE E NEGATIVE)

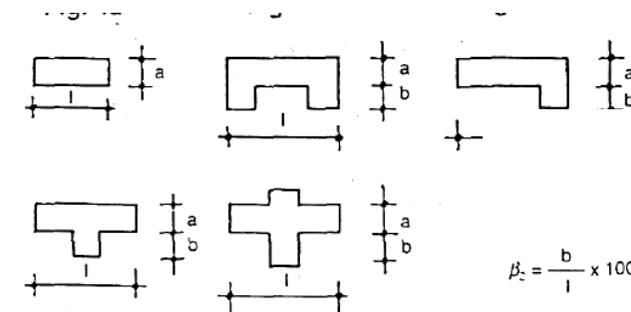
MURATURA		M1	M2	M3	M4
1	Ubicazione (da togliere)				
2	Materiale	calcare	arenaria	terra cotta	calcare
3	Lavorazione	spigoli finiti	spigoli finiti	mattone pieno	spigoli finiti
4	Dimensione degli elementi	grandi (>25 cm)	medie (15-25 cm)	piccole (<15 cm)	grandi (>25 cm)
5	Ricorsi	assenti	assenti	assenti	assenti
6	Listature	assenti	presenti	presenti	presenti
7	Presenza di zeppe	assenti	assenti	assenti	assenti
8	Consistenza della malta	compatta	friabile	friabile	friabile
9	Presenza di giunti sottili (<10 mm)	assenti	assenti	assenti	assenti
10	Tipologia della malta	calce idraulica	calce idraulica	calce idraulica	calce idraulica
11	Presenza di diafani o legamenti trasversali	assenti	assenti	assenti	assenti
12	Presenza di filari orizzontali	assenti	assenti	assenti	assenti
13	Sfalsamento dei giunti verticali	non rispettato	non rispettato	non rispettato	non rispettato
14	Tipo di sezione	paramento unico	paramento unico	paramento unico	paramento unico
15	Consolidamento con iniezioni di malta	assente	assente	assente	assente
16	Consolidamento di intonaci armati	assente	assente	assente	assente
17	Stato di conservazione generale	buono	buono	cattivo	cattivo
Tipologia di muratura secondo Circ. Min. n. 617/2009 (Tab. C8A.2.1):		Muratura a blocchi lapidei squadrati	Muratura a blocchi lapidei squadrati	Muratura in mattoni pieni e malta di calce	Muratura a blocchi lapidei squadrati
Tipologia di struttura secondo le Linee Guida 2017:		Muratura di pietra massiccia per costruzioni monumentali	Muratura di mattoni e pietra lavorata	Muratura di mattoni	Muratura di pietra massiccia per costruzioni monumentali

regolarità delle aperture in elevazione



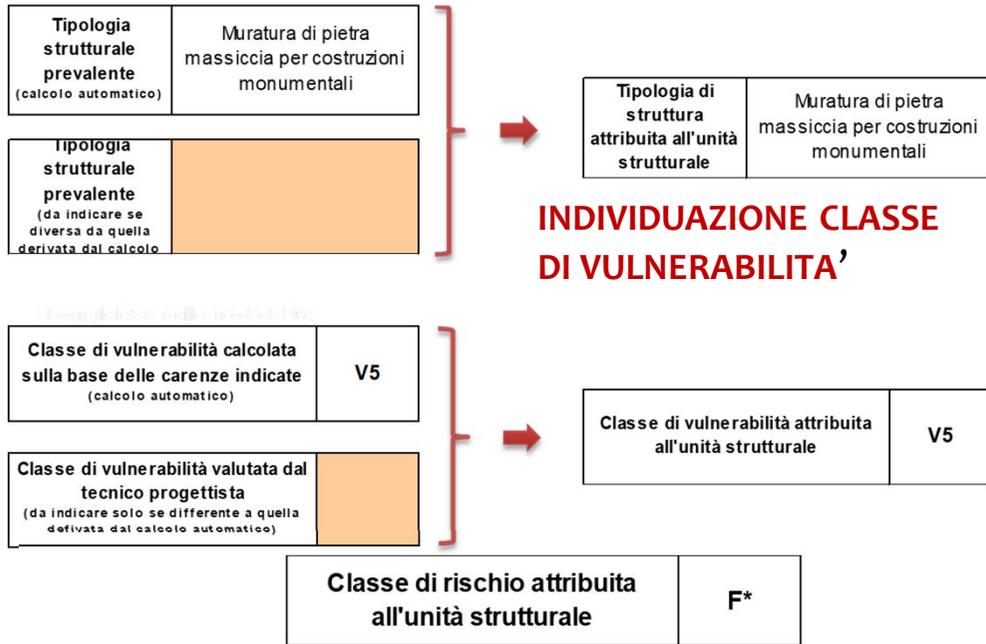
B - irregolare sfalsate C - irregolare grande apertura A - regolare

regolarità in pianta



$$\beta_2 = \frac{b}{l} \times 100$$

SCHEDA PARAMETRICA SISMA BONUS LG 2017 – PERCORSO VALUTAZIONE VULNERABILITA'



CLASSI DI RISCHIO LG 2017

Classe di Rischio	Zona 1	Zona 2	Zona 3	Zona 4
A+*				$V_1 \div V_2$
A*			$V_1 \div V_2$	$V_3 \div V_4$
B*	V_1	$V_1 \div V_2$	V_3	V_5
C*	V_2	V_3	V_4	V_6
D*	V_3	V_4	$V_5 \div V_6$	
E*	V_4	V_5		
F*	V_5	V_6		
G*	V_6			

INTERVENTI	estensione intervento (%)	A. Posticipare l'attivazione dei meccanismi locali	B. Perseguire un comportamento "scatolare"	C. Perseguire un comportamento regolare	D. redistribuzione dell'azione orizzontale	E. Ridurre al minimo il rischio di danno agli elementi non strutturali	F. Altro
sarcitura lesioni	100,0%			X			
cuci e scuci	100,0%			X			
iniezioni di malta a base di calce	100,0%			X			
collegamento con angolate in acciaio	100,0%	X	X				
sostituzione con str. orizzontale in legno	100,0%	X	X	X	X		
sostituzione con copertura in legno	100,0%	X	X	X	X		
ancoraggio di cornicioni	100,0%					X	
allargamento delle strutture di fondazioni	100,0%						X

Obiettivo	Obiettivo raggiunto
A. Posticipare l'attivazione dei meccanismi locali e/o fuori del piano, rispetto all'attivazione dei meccanismi globali.	si
B. Perseguire un comportamento "scatolare" della struttura.	si
C. Perseguire un comportamento regolare della struttura.	si
D. Garantire un'adeguata redistribuzione dell'azione orizzontale tra i pannelli murari.	si
E. Ridurre al minimo il rischio di danno agli elementi non strutturali.	si

OBIETTIVI LG 2017



INDICATORE DI RISCHIO SISMICO PER DEFICIT DI CAPACITÀ ALLE AZIONI SISMICHE

Il rischio sismico, secondo Normativa per le Costruzioni (NTC 2018) è individuato come rapporto tra la Capacità (C) della struttura alle azioni sismiche espressa in accelerazione e la Domanda (D) corrispondente all'azione sismica di riferimento attesa al suolo con la probabilità corrispondente allo stato limite per il quale si effettua la verifica **$I_s = C/D$**

Edificio del 1970 – S=1

comune di L'Aquila : deficit di PGA = $0.261g - 0.09g = 0.162g$; $I_s = 0.09/0.261$ (34%) $\pm \Delta I_s$.

comune di Teramo deficit di PGA = $0,19g - 0,07g = 0.12g$; indice di sicurezza $I_s = 0,07/0,190$ (37%) $\pm \Delta I_s$

METODO MACROSISMICO EMS 98 – LG 2017

Classe di Rischio	PAM	Zona 1	Zona 2	Zona 3	Zona 4
A+*	$PAM \leq 0,50\%$				$V_1 \div V_2$
A*	$0,50\% < PAM \leq 0,75\%$			$V_1 \div V_2$	$V_3 \div V_4$
B*	$0,75\% < PAM \leq 1,5\%$	V ₁	$V_1 \div V_2$	V ₃	V ₅
C*	$1,5\% < PAM \leq 2,5\%$	V ₂	V ₃	V ₄	V ₆
D*	$2,5\% < PAM \leq 3,5\%$	V ₃	V ₄	$V_5 \div V_6$	
E*	$3,5\% < PAM \leq 5,5\%$	V ₄	V ₅		
F*	$5,5\% < PAM \leq 7,5\%$	V ₅	V ₆		
G*	$7,5\% < PAM$	V ₆			

Indice di Sicurezza	Classe IS-V
$100\% < IS-V$	A ⁺ _{IS-V}
$100\% \leq IS-V < 80\%$	A _{IS-V}
$80\% \leq IS-V < 60\%$	B _{IS-V}
$60\% \leq IS-V < 45\%$	C _{IS-V}
$45\% \leq IS-V < 30\%$	D _{IS-V}
$30\% \leq IS-V < 15\%$	E _{IS-V}
$IS-V \leq 15\%$	F _{IS-V}

Tipologia di struttura	Classe di vulnerabilità					
	V ₆ (=A _{EMS})	V ₅ (=B _{EMS})	V ₄ (=C _{EMS})	V ₃ (=D _{EMS})	V ₂ (=E _{EMS})	V ₁ (=F _{EMS})
MURATURA	Muratura di pietra senza legante (a secco)	○				
	Muratura di mattoni di terra cruda (adobe)	○—				
	Muratura di pietra sbazzata	—○				
	Muratura di pietra massiccia per costruzioni monumentali	—○—				
	Muratura di mattoni e pietra lavorata	—○—				
	Muratura di mattoni e solai di rigidità elevata	—○—				
	Muratura rinforzata e/o confinata			—○—		
	CALCESTRUZZO ARMATO	Telai con un livello di progettazione antisismica nullo	—○—			
Telai con un livello di progettazione antisismica moderato		—○—				
Telai con un livello di progettazione antisismica elevato				—○—		
Pareti con un livello di progettazione antisismica nullo		—○—				
Pareti con un livello di progettazione antisismica moderato		—○—				
Pareti con un livello di progettazione antisismica elevato				—○—		

MODIFICATORI DI COMPORTAMENTO PER GLI EDIFICI IN MURATURA

Vuln.	Tipologie edifici	VI*	
muratura	V6+	Pietrame	0.873
	V6	Mattoni di terra	0.84
	V5	Pietre semplici	0.74
	V4	Pietre massicce	0.616
	V3	Muratura non rinforzata in mattoni	0.74
	V2	Muratura non rinforzata con solai rinforzati	0.616
	V1	Muratura confinata o rinforzata	0.451
Cemento armato	V41	Telai in c.a. con bassa progettazione antisismica	0.644
	V3	Telai in c.a. con moderata progettazione antisismica	0.484
	V2	Telai in c.a. con elevate progettazione antisismica	0.324
	V4	Pareti in c.a. senza con livello nullo progettazione antisismica	0.544
	V3	Pareti in c.a. con moderata progettazione antisismica	0.384
	V2	Pareti in c.a. con alto livello di progettazione antisismica	0.224

Modificatori di comportamento	descrizione	Variazione vulnerabilità V_{m_k}
Stato di conservazione	Buono	-0.04
	cattivo	+0.04
numero o di piani	basso (1 or 2)	-0.04
	medio (3,4 or 5)	0
	alto (6 or more)	+0.04
Sistema strutturale	Spessore pareti	-0.04/+0.04
	Distanza tra le pareti	
	Connessioni tra le pareti	
Irregolarità in pianta	Geometria/ distribuzione masse	+0.04
Irregolarità in elevazione	geometria / distribuzione masse	+0.04
Piani sfalsati		+0.04
coperture	pesanti, spngenti, collegamenti	+0.04
Interventi di rinforzo		-0.08/+0.08
Interventi antisismici	barbicane, archi leggeri, contrafforti	-0.04
Posizione dell'edificio in aggregato	Centro	-0.04
	Lato	+0.04
	Testa	+0.06
Aggregati in elevazione	Piani sfalsati	+0.04
	Edifici con differenti altezze	-0.04/+0.04
Fondazioni	Piano differente di fondazione	+0.04

MODIFICATORI DI COMPORTAMENTO PER MURATURA E L CEMENTO ARMATO

	Livello progettazione	basso	medio	alto
Modificatori di comportamento		V_{m_k}	V_{m_k}	V_{m_k}
Stati di conservazione	Buono	-	-	-
	Cattivo	+0.04	+0.02	0
Numero di piani	basso(1 - 3)	-0.02	-0.02	-0.02
	medio (4 - 7)	0	0	0
	alto (8 o più)	+0.08	+0.06	+0.04
Sistema strutturale				
Irregolarità in pianta	Geometria	+0.04	+0.02	0
	Distribuzione delle masse	+0.02	+0.01	0
Irregolarità in elevazione	Geometria/ distribuzione masse	+0.04	+0.02	0
superimposed floors				
Coperture				
Interventi di rinforzo				
Interventi antisismici				
Posizione dell'edificio nell'aggregato	Giunti sismici insufficienti	+0.04	0	0
Edificio aggregato : elevazione				
Fondazioni	Travi	+0.04	0	0
	Travi collegate	0	0	0
	Plinti collegati	+0.04	0	0
	Pilastri tozzi	+0.02	+0.01	0
	Boe windoes	+0.04	+0.02	0

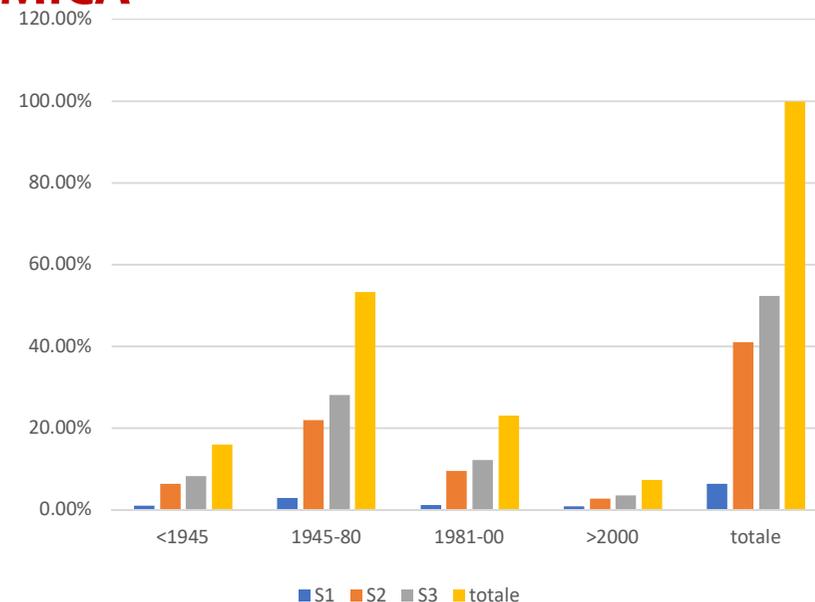
PATRIMONIO EDILIZIO ITALIANO : MURATURA + C.A - SUPERFICIE – TIPOLOGIA COSTRUTTIVA E ZONA SISMICA

zona	<1945	1945-80	1981-00	>2000	totale
S1	21.645.388	56.155.759	23.722.752	19.798.448	121.322.347
S2	123.048.175	415.116.422	180.036.900	52.826.509	771.028.006
S3	157.397.455	530.997.461	230.294.760	67.573.193	986.262.869
totale	302.091.018	1.002.269.642	434.054.412	140.198.150	1.878.613.222

zona	<1945	1945-80	1981-00	>2000	totale
S1	1,15%	2,99%	1,26%	1,05%	6,46%
S2	6,55%	22,10%	9,58%	2,81%	41,04%
S3	8,38%	28,27%	12,26%	3,60%	52,50%
total e	16,08%	53,35%	23,11%	7,46%	100,00%

zona	<1945	1945-80	1981-00	>2000
S1	E-F	D	D	A
S2	E	C-E	C-E	A
S3	D-F	B-E	B-E	A
S4	C-E	C-E	A-D	A

Classi di rischio sismico – D.M.2017



STIMA DEI COSTI DI MIGLIORAMENTO SISMICO DEGLI EDIFICI IN MURATURA E CEMENTO ARMATO DIVISI PER EPOCA DI COSTRUZIONE E ZONA SISMICA

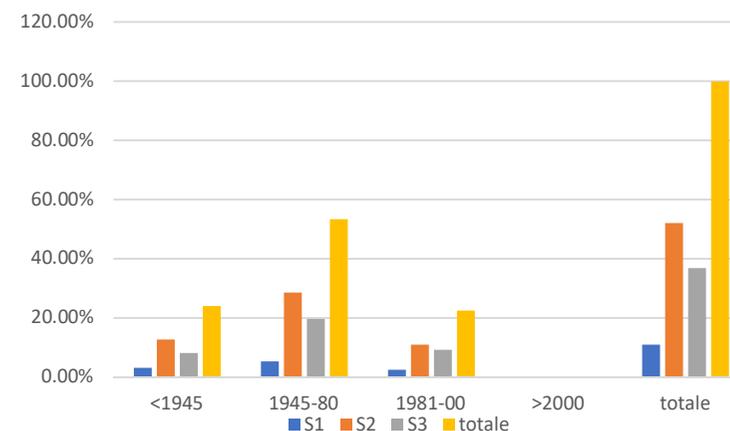
muratura					
zona	<1945	1945-80	1981-00	>2000	totale
S1	22.957.372.900	17.467.563.000	289.048.800	-	40.713.984.700
S2	96.078.362.400	76.332.151.800	4.780.924.000	-	177.191.438.200
S3	61.449.468.000	48.820.254.600	3.057.766.900	-	113.327.489.500
totale	180.485.203.300	142.619.969.400	8.127.739.700	-	331.232.912.400

cemento armato					
zona	<1945	1945-80	1981-00	>2000	totale
S1	852.553.900	23.342.696.300	19.616.184.000	-	43.811.434.200
S2	2.655.199.800	144.608.324.400	79.336.596.000	-	226.600.120.200
S3	1.886.892.500	102.764.548.500	67.655.768.800	-	172.307.209.800
totale	5.394.646.200	270.715.569.200	166.608.548.800	-	442.718.764.200

muratura + c.a.					
zona	<1945	1945-80	1981-00	>2000	totale
S1	23.809.926.800	40.810.259.300	19.905.232.800	-	84.525.418.900
S2	98.733.562.200	220.940.476.200	84.117.520.000	-	403.791.558.400
S3	63.336.360.500	151.584.803.100	70.713.535.700	-	285.634.699.300
totale	185.879.849.500	413.335.538.600	174.736.288.500	-	773.951.676.600

Muratura euro/mq			
zona	<1945	1945-80	1981-00
S1	650	400	300
S2	400	200	200
S3	200	100	100
totale	1.250	700	600

zona	<1945	1945-80	1981-00
S1	700	700	450
S2	450	450	200
S3	200	200	100



INDIVIDUAZIONE DELLE PRINCIPALI TIPOLOGIE COSTRUTTIVE DEGLI EDIFICI RESIDENZIALI

Tipologia costruttiva	Epoca	Classe Ems98	PGA Capacità ag	PGA domanda ag	IS-Slv	IS-SLV Modificato
Muratura sbozzata - piani deformabili senza collegamenti piano	1700	A /B	NC	0,261		10,40 % Conv.
muratura in pietra squadrata e/o mattoni pieni-assenza collegamenti piano e cordolo	1930	B	0,04	0,261	15%	18%
Muratura in pietra squadrata e/o mattoni-solai rigidi- presenza cordoli	1945	B	0,07	0,261	26%	40%
Cemento armato telai 1 direzione bassa progettazione antisismica	1945	B/C	0,1	0,261	38%	33%
Cemento armato telai 2 direzioni Media progettazione antisismica	1960 1970	C	0,1	0,261	38%	45%
Cemento armato telai 2 direzioni media progettazione antisismica	1990	D	0,1	0,261	38%	55%

COSTI INTERVENTO DI MIGLIORAMENTO SISMICO :

Dopo la valutazione della tipologia costruttiva, della vulnerabilità e della classe di rischio sismico sono stati determinati :

- i costi parametrici unitari per definire la strategia di intervento in un equilibrato rapporto costi benefici
- l'invasività degli stessi interventi e i problemi connessi.

Il costo degli interventi è stato calibrato per unità di superficie (mq) in rapporto ad un valore medio delle dimensioni dei corpi di fabbrica.

Per una analisi speditiva sono state individuate tre tipologie di intervento :

- Leggero poco invasivo eseguibile senza prevedere lo spostamento dei proprietari
- medio con miglioramento sismico, mediamente invasivo eseguibile con spostamenti limitati di mobili senza trasferimento dei proprietari
- pesante e invasivo di miglioramento sismico che prevede lo spostamento dei proprietari

Elenco degli interventi previsti nelle sequenze	Costo unitario per unità di misura specifica [Euro]	Unità di Costo	Costo a m ² [Euro]
Strutture orizzontali			
Irrigidimento orizzontamenti	140	€/m ²	140
Rifacimento solaio in legno	160	€/m ²	160
Rifacimento solai in acciaio	140	€/m ²	140
Rifacimento solai in c.a.	75	€/m ²	75
Consolidamento volte in muratura			
Collegamenti di piano	120	€/ml	120
Strutture verticali			
Regolarizzazione del sistema resistente			
Catene singole o binate	30-45	€/m	15
Chiusure vuoti, aperture	270	€/m ²	30
Cuci-scuci	400	€/m ²	30
Costruzione nuovi setti murari (spessore medio 60 cm)	300	€/m ²	30
Realizzazione giunti sismici	100	€/m	10
Spostamento vani tecnici per impianti	400	Cad.	10
Rinforzo strutturale			
Sarcitura lesioni	45	€/m ²	20
Stilatura profonda dei giunti	50	€/m ²	20
Iniezioni di miscela di malta	75	€/m ²	30
Diatoni artificiali	150	€/m ²	60
CAM	150	€/m ²	60
FRP	150	€/m ²	60
Consolidamento piattabande	335	Cad.	30
Copertura			
Irrigidimento copertura + cordolo in acciaio	70	€/m	20
Irrigidimento copertura + cordolo in muratura	100	€/m	30
Copertura in acciaio	150	€/m ²	70
Copertura in legno	150	€/m ²	70
Copertura in cemento armato	130	€/m ²	60

COSTI UNITARI DI INTERVENTO MURATURA

L'analisi dei costi unitari di intervento è stata fatta basandosi sui prezzi delle lavorazioni ricavate dal prezzo della Regione Abruzzo con incidenza a mq di superficie

EDIFICI IN CEMENTO ARMATO

Intervento leggero : è adottabile per gli edifici con vulnerabilità bassa caratterizzati da una struttura costituita da telai realizzata con una concezione sismica media e materiali (calcestruzzo e acciaio) di buona qualità

Interventi da eseguire :

- rinforzo dei nodi perimetrali non confinati,
- antiribaltamento delle pareti perimetrali (intonaco fibro-rinforzato)
- riparazione degli eventuali elementi danneggiati (es. armature corrose, copriferro , ..).

L'intervento prevede un costo variabile tra 150 e 250 euro al mq

	c.a. €/mq	mur €/mq
leggera	200	200
media	450	400
pesante	700	650

Intervento medio di miglioramento sismico applicabile agli edifici che differiscono dai primi per il livello vulnerabilità variabile da media ad elevata.

- Gli interventi leggeri sono previsti in modo più diffuso unitamente ad intervento di rinforzo di travi e pilastri maggiormente sollecitati e l'inserimento di elementi strutturali capaci di assorbire le azioni orizzontali quali pareti, torri o controventi dissipativi - (intervento ATER)

L'intervento prevede un costo variabile tra 250 e 450 euro al mq

Intervento pesante per gli edifici con vulnerabilità elevata, costruiti prima del 1970 con telai costruiti con una concezione sismica bassa. La strategia di intervento prevede :

Gli interventi prevedono :

- Rinforzo degli elementi strutturali e delle fondazioni
- l'inserimento di elementi strutturali capaci di assorbire le azioni orizzontali quali pareti, torri o controventi dissipativi
- Isolamento alla base
- Eventuale sostituzione edilizia

Il costo di intervento è maggiore di 450-700 euro al mq.

INDIVIDUAZIONE DELLE PRINCIPALI CLASSI DI EDIFICI, DELLA VARIAZIONE DELLA CLASSE DI RISCHIO, DEI COSTI E DELLA TIPOLOGIA DI INTERVENTO

Tipologia costruttiva	Epoca	Classe Ems98	IS-SLV Modificato/ metodo	Classe Rischio Ante conv	Classe/IS rischio post conv	Costo q€/	Intervento
Muratura sbazzata - piani deformabili senza collegamenti piano	1700	A /B	10,40 % Conv.	F(12%)	B (65%)	>1200	Pesante 4 classi
muratura mattoni pieni-assenza collegamenti piano e cordolo	1930	B	18% Sempl	E(20%)	B(65%)	~ 600	Medio 2-3 classi
Muratura mattoni-solai rigidi-presenza cordoli	1945	B	40% sempl	D(45%)	B (75%)	~ 400	Medio 2 classi
Cemento armato telai 1 direzione Moderata prog antisismica	1945	B/C	33% sempl	D(35%)	B (60%)	~ 700	Medio 1-2 classi
Cemento armato telai 2 direzioni Media prog antisismica	1960 1970	C	45%	D-C(45%)	B (65%)	~ 300	Leggero 1-2 classi
Cemento armato telai 2 direzioni media prog. antisismica	1990	D	55%	C(60%)	B(80%)	~ 250	Leggero 1 classe

PERCORSO D.M. MARZO 2017

INDAGINI SISMICHE

Rilievi, analisi, prove e controlli diagnostici – facendo uso soprattutto di tecniche non distruttive – per definire i parametri della costruzione esistente: geometria, dettagli costruttivi e proprietà dei materiali.

VERIFICA DI SICUREZZA SISMICA

Modellazione e simulazione numerica della struttura, con determinazione dei valori delle accelerazioni al suolo di capacità (PGA), che inducono il raggiungimento dello stato limite per la salvaguardia della vita (SLV) e dello stato limite di danno (SLD).

CLASSE DI RISCHIO SISMICO

Attribuzione della classe sismica di appartenenza dell'edificio nella sua interezza, prima della progettazione e dell'esecuzione dell'intervento di rinforzo strutturale finalizzato alla sicurezza sismica, con riduzione del rischio sismico e, di conseguenza, con miglioramento di classe sismica.

PROGETTAZIONE SISMICA

Progetto dell'intervento di rinforzo strutturale da parte di ingegnere abilitato, con asseverazione della classe di rischio dell'edificio precedente l'intervento e quella conseguibile a seguito dell'esecuzione dell'intervento progettato

INTERVENTO DI RINFORZO SISMICO

CLASSIFICAZIONE SISMICA

Certificazioni post intervento del Direttore dei lavori e del Collaudatore in merito alla conformità degli interventi eseguiti, per attestarne l'efficacia al fine della riduzione del rischio sismico, con passaggio dell'edificio a classe sismica superiore

PERCORSO VELOCE - SPORTELLO

- Sopralluogo ed esame di documenti progettuali disponibili
- Individuazione delle peculiarità costruttive che influenzano il comportamento
- Determinazione della classe di rischio in modo speditivo per deficit di PGA e metodo macrosismico
- individuazione della classe tipologica e della conseguente strategia di intervento
- valutazione della classe di rischio prima e dopo l'intervento
- stima dei costi di intervento e dei problemi connessi (detrazione fiscale, invasività e conseguente spostamento mobili e cittadini)

Tempi : 2-3 giorni

costo : rimborso spese contenuto

Strumenti : scheda parametrica Sisma Bonus

CONSIDERAZIONI FINALI

- Il patrimonio edilizio Italiano è ubicato in zone con pericolosità differente e potrebbero essere previste le priorità di intervento in base alle condizioni di rischio degli edifici
- E' previsto un costo convenzionale di 96.000 euro ad unità immobiliare indipendentemente dalle condizioni di rischio e della superficie. Il costo convenzionale potrebbe essere determinato sulla base di una analisi parametrica danno-vulnerabilità tenendo conto anche della pericolosità sismica
- I contributi per la ricostruzione leggera con livello di sicurezza inferiore al 60%-65% dovrebbero essere integrati con il Sismabonus



TERAMO 8 giugno 2018
ore 9,30

BONUS CASA

SISMABONUS & **ECO**BONUS

ASPETTI TECNICI, GIURIDICI E FINANZIARI DELLE AGEVOLAZIONI
DALLA RISTRUTTURAZIONE... AI MOBILI

APPLICAZIONE A CASI DI STUDIO

**Intervento di miglioramento sismico su edifici esistenti in muratura
percorso speditivo e parametrizzazione dei costi di intervento**

ALBERTO LEMME