

# smart village *in tour*

CATANIA, 21 marzo 2013

**Sicurezza sismica di edifici esistenti: analisi, diagnosi e terapie**

**Luigi Bosco**



## QUADRO GENERALE

- Il nostro patrimonio edilizio è fortemente vulnerabile perché costruito prevalentemente in assenza di specifici codici di progettazione antisismica
- Il nostro territorio è caratterizzato da un'elevata pericolosità sismica
- La combinazione di questi due fattori genera un rischio sismico elevato

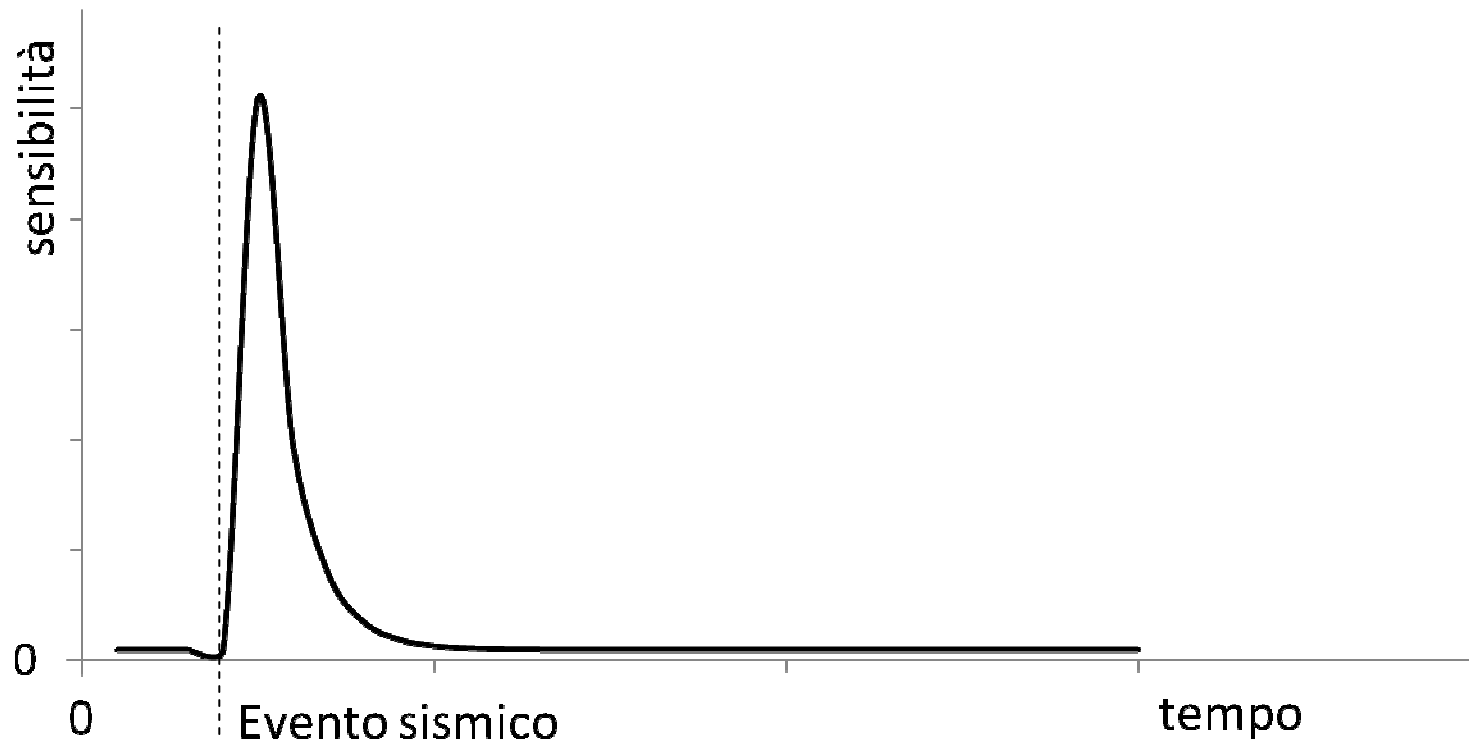
## LA CONSAPEVOLEZZA DEL PROBLEMA

31 ottobre 2002: terremoto di San Giuliano di Puglia



## LA CONSAPEVOLEZZA DEL PROBLEMA

Curva della sensibilità  
alla sicurezza sismica



# Ordinanza P.C.M. n. 3274 del 20 marzo 2003

Ordinanza n. 3274 del 20/03/2003

Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica.

**IL PRESIDENTE  
DEL CONSIGLIO DEI MINISTRI**

**DISPONE**

**ART. 1**

1. Nelle more dell'espletamento degli adempimenti di cui all'articolo 93 del decreto legislativo 31 marzo 1998, n. 112, e ferme restando le competenze delle regioni e degli enti locali di cui all'articolo 94 del medesimo decreto legislativo, sono approvati i "Criteri per l'individuazione delle zone sismiche – individuazione, formazione e aggiornamento degli elenchi nelle medesime zone" di cui all'allegato 1, nonché le connesse "Norme tecniche per il progetto,

**ART. 2**

1. Le regioni provvedono, ai sensi dell'articolo 94, comma 2, lettera a), del decreto legislativo n. 112 del 1998, e sulla base dei criteri generali di cui all'allegato 1, all'individuazione, formazione ed aggiornamento dell'elenco delle zone sismiche. In zona 4 è lasciata facoltà alle singole regioni di introdurre o meno l'obbligo della progettazione antisismica.
2. Per le opere i cui lavori siano già iniziati e per le opere pubbliche già appaltate o i cui progetti siano stati già approvati alla data della presente ordinanza, possono continuare ad applicarsi le norme tecniche e la classificazione sismica vigenti.
3. È fatto obbligo di procedere a verifica, da effettuarsi a cura dei rispettivi proprietari, ai sensi delle norme di cui ai suddetti allegati, sia degli edifici di interesse strategico e delle opere infrastrutturali la cui funzionalità durante gli eventi sismici assume rilievo fondamentale per le finalità di protezione civile, sia degli edifici e delle opere infrastrutturali che possono assumere rilevanza in relazione alle conseguenze di un eventuale collasso. Le verifiche di cui al presente comma dovranno essere effettuate entro cinque anni dalla data della presente ordinanza e riguardare in via prioritaria edifici ed opere ubicate nelle zone sismiche 1 e 2, secondo quanto definito nell'allegato 1.

## ANALISI DEL PROBLEMA: NORMATIVA

- Le recenti norme hanno introdotto criteri e modalità per conoscere e valutare i livelli di sicurezza strutturale degli edifici esistenti, prevedendo l'obbligo di verifica per le strutture strategiche e per quelle soggette a grande affollamento.

## ANALISI DEL PROBLEMA: CAMPO D'AZIONE

Decreto P.C.M. del 21 ottobre 2003

### **Elenco A**

Categorie di edifici ed opere infrastrutturali di interesse strategico di competenza statale, la cui funzionalità durante gli eventi sismici assume rilievo fondamentale per le finalità di protezione civile.

### **Elenco B**

Categorie di edifici ed opere infrastrutturali di competenza statale che possono assumere rilevanza in relazione alle conseguenze di un eventuale collasso.

## ANALISI DEL PROBLEMA: CAMPO D'AZIONE

Decreto P.C.M. del 21 ottobre 2003

### Elenco A

- 1) organismi governativi
  - 2) uffici territoriali di Governo
  - 3) Corpo nazionale VV.FF.
  - 4) Forze armate
  - 5) Forze di polizia
  - 6) Corpo forestale dello Stato
  - 7) A.P.A.T.
  - 8) Registro italiano dighe
- Etc.

### Elenco B

- 1) Edifici pubblici o destinati a funzioni pubbliche suscettibili di **grande affollamento**
- 2) Strutture il cui collasso può comportare conseguenze gravi in termini di **danni ambientali**
- 3) Edifici il cui collasso può determinare danni significativi al **patrimonio storico**, artistico e culturale (quali ad esempio musei, biblioteche, **chiese**).



# ANALISI DEL PROBLEMA: STRUMENTI

## CONOSCITIVI

Decreto P.C.M. del 21 ottobre 2003

### Allegato 2

Indicazioni per le verifiche tecniche da effettuarsi su edifici e opere strategiche o importanti, ai sensi dei commi 3 e 4 dell'art. 2 dell'ordinanza n. 3274/2003.

#### 1.Premessa.

(...) la sezione rischio sismico della Commissione nazionale grandi rischi ha approvato, nella seduta del 30 luglio 2003, un documento (...) che definisce tre livelli di acquisizione dati e di verifica, da utilizzare in funzione del livello di priorità e delle caratteristiche dell'edificio o dell'opera in esame

**-livello 0:** prevede unicamente l'acquisizione di dati sommari sull'opera ed è applicabile in modo sistematico a tutte le tipologie individuate.

**-livelli 1 e 2:** si riferiscono alle categorie di opere ad elevata priorità, (zona sismica 1 e 2 e progettate in epoca antecedente rispetto alla classificazione). Si differenziano per il diverso livello di conoscenza ed i diversi strumenti di analisi e di verifica richiesti

## ANALISI DEL PROBLEMA: STRUMENTI FINANZIARI

Ordinanza P.C.M. n. 3362 del 8 luglio 2004

### Allegato 2 . CRITERI DI DETERMINAZIONE DEI FINANZIAMENTI

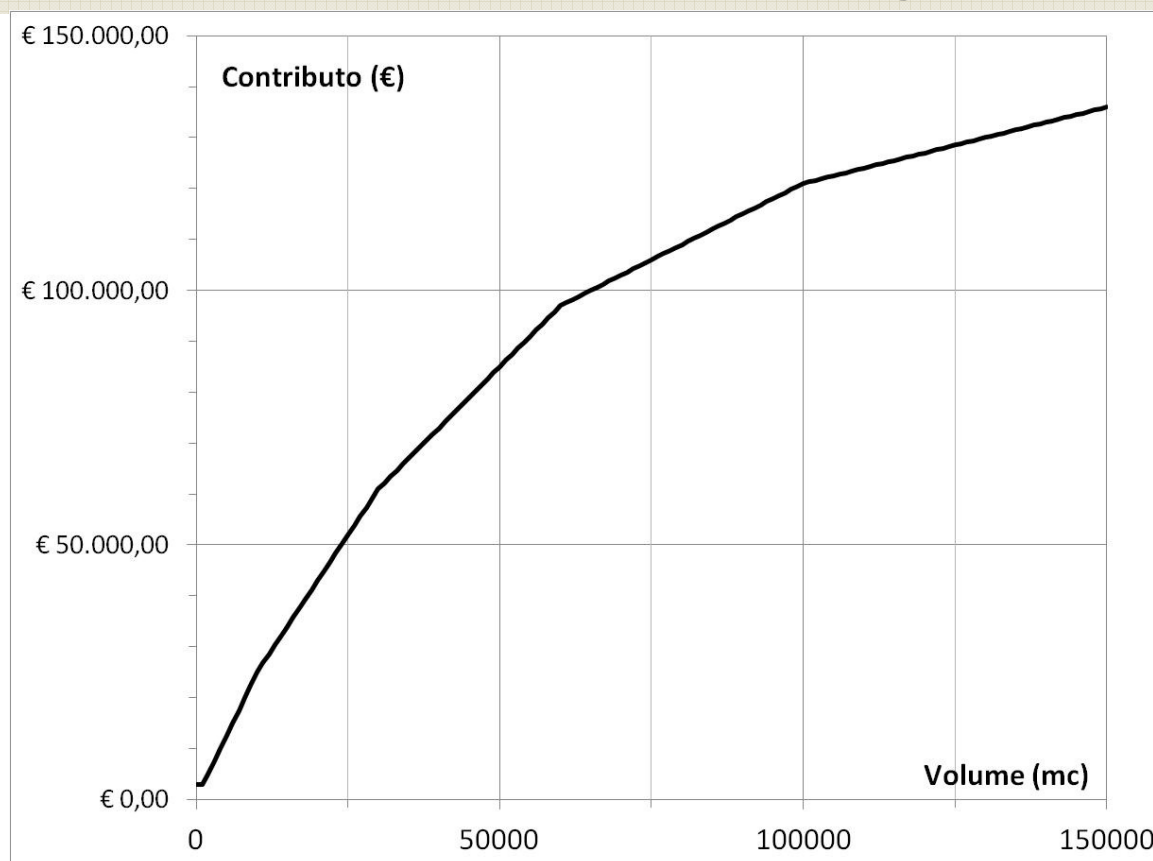
#### a1) Costo convenzionale di verifica per edifici.

Per gli edifici il costo convenzionale di verifica, **comprensivo delle indagini necessarie**, è definito in funzione del volume totale dell'edificio espresso in metri cubi, valutato dallo spiccatto delle fondazioni, ed è pari:

$-V < 10.000 \text{ m}^3$	$F = V \times 2,50 \text{ €/m}^3 \geq 3.000 \text{ €/edificio}$
$-10.000 \text{ m}^3 < V < 30.000 \text{ m}^3$	$F = \text{€ } 25.000 + (V - 10.000 \text{ m}^3) \times 1,80 \text{ €/m}^3$
$-30.000 \text{ m}^3 < V < 60.000 \text{ m}^3$	$F = \text{€ } 61.000 + (V - 30.000 \text{ m}^3) \times 1,20 \text{ €/m}^3$
$-60.000 \text{ m}^3 < V < 100.000 \text{ m}^3$	$F = \text{€ } 97.000 + (V - 60.000 \text{ m}^3) \times 0,60 \text{ €/m}^3$
$-100.000 \text{ m}^3 < V$	$F = \text{€ } 121.000 + (V - 100.000 \text{ m}^3) \times 0,30 \text{ €/m}^3$

# ANALISI DEL PROBLEMA: STRUMENTI FINANZIARI

Ordinanza P.C.M. n. 3362 del 8 luglio 2004



## LA DIAGNOSI

- L'esito della verifica è riassunto nella scheda di sintesi dei livelli di sicurezza sismica per edifici strategici o rilevanti.
- In Sicilia la scheda aggiornata è stata emanata con D.D.G. n.445 del 03/06/2009

# LA DIAGNOSI

		<b>SCHEDA DI SINTESI DELLA VERIFICA SISMICA DI "LIVELLO 1" O DI "LIVELLO 2" PER GLI EDIFICI STRATEGICI AI FINI DELLA PROTEZIONE CIVILE O RILEVANTI IN CASO DI COLLASSO A SEGUITO DI EVENTO SISMICO</b>			
Repubblica Italiana Regione Siciliana Provincia di _____		Codice Istat (1/5) _____		Dipartimento Regionale di Protezione Civile	
Codice D.R.P.C. _____		Data DPCM _____		AP prog. Intervento _____	
Regione: <b>SICILIA</b>		Scheda N.: _____		Data: _____	
Provincia: _____		Complesso edilizio composto da _____ edifici. Edificio N. _____		Dati Catastrali:	
Comune: _____		Foglio _____		Allegato _____	
Frazione/Località: _____		Particelle _____		Posizione edificio: <input type="checkbox"/> Quilata <input type="checkbox"/> Quilata <input type="checkbox"/> Quilata <input type="checkbox"/> Quilata	
Interno al centro abitato <input type="radio"/> Esterno al centro abitato <input type="radio"/>		Coordinate Geografiche e Altimetriche		E _____ UTM <input type="radio"/> East <input type="radio"/> West (30-33) _____	
Indirizzo: _____		N _____		Geo-tag <input type="radio"/> Geo-tag _____	
Num. Civico _____ C.A.P. _____		Altezza _____ metri s.l.m.		Anno di ultimazione della costruzione _____	
Codice _____ Destinazione d'uso attuale _____		Denominazione/Funzione edificio _____		Proprietario: <input type="radio"/> Pubblico <input type="radio"/> Privato _____	
Ente/Soggetto Utilizzatore _____		Patrimonio Monumentale: Bene vincolato BB.CC.AA. <input type="radio"/> sì <input type="radio"/> no <input type="radio"/>		Tipologia Oggetto _____	
Gerarchia Oggetto: Bene individuato <input type="radio"/> Bene complesso <input type="radio"/> Bene componente <input type="radio"/>		2) <b>Dati dimensionali e età costruzione/ristrutturazione</b>		A N. Piani totali con interalli _____	
B Altezza media di piano (m) _____		C Superficie media di piano (mq) _____		D Anno di progettazione _____	
F Nessun intervento eseguito sulla struttura dopo la costruzione <input type="radio"/>		G Struttura progettata prima della classificazione sismica comunale <input type="radio"/> Sì <input type="radio"/> No <input type="radio"/>		E Anno di ultimazione della costruzione _____	
H Ultimo intervento eseguito sulla struttura Anno _____		H1 <input type="radio"/> Adeguamento <input type="radio"/> H2 <input type="radio"/> Miglioramento <input type="radio"/> H3 <input type="radio"/> Altro _____		3) <b>Materiale strutturale principale della struttura verticale</b>	
Cemento armato <input type="radio"/> Acciaio <input type="radio"/> Acciaio/Alcantoalzo <input type="radio"/> Muratura <input type="radio"/> Legno <input type="radio"/> Misto (Muratura e c.a.) <input type="radio"/> Prefabbricati in c.a. <input type="radio"/> Altro (specificare) _____		H _____		4) <b>Dati di esposizione</b>	
A Edificio utilizzato (> 9/12 anni) <input type="radio"/> Sì <input type="radio"/> No <input type="radio"/>		B Numero di persone mediamente presenti durante la fruizione ordinaria dell'edificio _____		C Aperto al pubblico <input type="radio"/> Sì <input type="radio"/> No <input type="radio"/>	
D Soggetti deboli <input type="radio"/> Sì <input type="radio"/> No <input type="radio"/>		5) <b>Dati geomorfologici</b>		Fenomeni frastosi	
A <input type="radio"/> Cresta/Diappo		B <input type="radio"/> Pendio forte		C <input type="radio"/> Pendio leggero	
D <input type="radio"/> Pianura		E <input type="radio"/> Assenti		F <input type="radio"/> Presenti	
6) <b>Destinazione d'uso</b>		A Origine _____		B Attuale _____	
C Destinazione _____		D Destinazione _____		E Destinazione _____	

**25) Risultati dell'analisi: livelli di accelerazioni ai suoli e periodo di ritorno per diversi SL**

	Tipo di rottura	cemento armato, acciaio								Tutti	
		muratura				Tutti					
		1	2	3	4	5	6	7	8		9
A	PG <sub>A<sub>CLC</sub></sub>										
B	PG <sub>A<sub>CLV</sub></sub>										
C	PG <sub>A<sub>CLD</sub></sub>										
D	PG <sub>A<sub>CLD</sub></sub>										
E	T <sub>REC<sub>CL</sub></sub>										
F	T <sub>REC<sub>CL</sub></sub>										
G	T <sub>REC<sub>CL</sub></sub>										
H	T <sub>REC<sub>CL</sub></sub>										

**27) Domanda: valori di riferimento delle accelerazioni e dei periodi di ritorno dell'azione sismica**

	Stato limite	Accelerazioni (g)	Tes (anni)
A	Stato limite di collasso (SLC)	PG <sub>A<sub>CLC</sub></sub>	T <sub>REC<sub>CLC</sub></sub>
B	Stato limite di salvaguardia (SLV)	PG <sub>A<sub>CLV</sub></sub>	T <sub>REC<sub>CLV</sub></sub>
C	Stato limite di danno (SLD)	PG <sub>A<sub>CLD</sub></sub>	T <sub>REC<sub>CLD</sub></sub>
D	Stato limite di operatività (SLO)	PG <sub>A<sub>CLD</sub></sub>	T <sub>REC<sub>CLD</sub></sub>

**28) Indicatori di rischio**

Indicatore di rischio	Rapporto fra le accelerazioni	Rapporto fra i periodi di ritorno elevati ad a
A di collasso (a <sub>CLC</sub> )	$\frac{PG_{A_{CLC}}}{PG_{A_{CLV}}}$	$\frac{T_{REC_{CLC}}}{T_{REC_{CLV}}}$
B per la vite (a <sub>CLV</sub> )	$\frac{PG_{A_{CLV}}}{PG_{A_{CLD}}}$	$\frac{T_{REC_{CLV}}}{T_{REC_{CLD}}}$
C di inagibilità (a <sub>CLD</sub> )	$\frac{PG_{A_{CLD}}}{PG_{A_{CLD}}}$	$\frac{T_{REC_{CLD}}}{T_{REC_{CLD}}}$
D Per l'operatività (a <sub>CLD</sub> )	$\frac{PG_{A_{CLD}}}{PG_{A_{CLD}}}$	$\frac{T_{REC_{CLD}}}{T_{REC_{CLD}}}$

**29) Previsione di massima di possibili interventi di miglioramento**

A Criticità che condizionano maggiormente la capacità	<input type="checkbox"/> fondazioni <input type="checkbox"/> travi <input type="checkbox"/> pilastri	<input type="checkbox"/> setti <input type="checkbox"/> murature <input type="checkbox"/> solai	<input type="checkbox"/> coperture <input type="checkbox"/> scale <input type="checkbox"/> altro
B Interventi migliorativi prevedibili	<input type="checkbox"/> interventi in fondazione <input type="checkbox"/> aumento resist./dutti sezioni <input type="checkbox"/> nodi/collegamenti telai	<input type="checkbox"/> aumento resistenza muri <input type="checkbox"/> travi, cordoli, catene <input type="checkbox"/> solai o coperture	<input type="checkbox"/> eliminazione spinte <input type="checkbox"/> altro
C Stima dell'estensione degli interventi in relazione alla volumetria totale della struttura	Codice intervento 1 _____ % percentuale volumetrica dell'edificio interessato Codice intervento 2 _____ % percentuale volumetrica dell'edificio interessato Codice intervento 3 _____ % percentuale volumetrica dell'edificio interessato		
D Stima dell'incremento di capacità conseguibile con gli interventi	<input type="checkbox"/> SLC <input type="checkbox"/> SLV <input type="checkbox"/> SLD	Codice intervento 1 _____ PGAI _____ Codice intervento 2 _____ PGAI _____ Codice intervento 3 _____ PGAI _____	approssimazione ± _____ approssimazione ± _____ approssimazione ± _____

# DIAGNOSI ED INDICAZIONI TERAPEUTICHE

La scheda si completa con una sezione dedicata ai possibili interventi di miglioramento

29) Previsione di massima di possibili interventi di miglioramento				
<b>A</b>	<b>Criticità che condizionano maggiormente la capacità</b>	1 <input type="checkbox"/> fondazioni 2 <input type="checkbox"/> travi 3 <input type="checkbox"/> pilastri	4 <input type="checkbox"/> setti 5 <input type="checkbox"/> murature 6 <input type="checkbox"/> solai	7 <input type="checkbox"/> coperture 8 <input type="checkbox"/> scale 9 <input type="checkbox"/> altro _____
<b>B</b>	<b>Interventi migliorativi prevedibili</b>	1 <input type="checkbox"/> interventi in fondazione 2 <input type="checkbox"/> aumento resist./duttill sezioni 3 <input type="checkbox"/> nodi/collegamenti telai	4 <input type="checkbox"/> aumento resistenza muri 5 <input type="checkbox"/> tiranti, cordoli, catene 6 <input type="checkbox"/> solai o coperture	7 <input type="checkbox"/> eliminazione spinte 8 <input type="checkbox"/> altro _____ 9 <input type="checkbox"/> altro _____
<b>C</b>	<b>Stima dell'estensione degli interventi in relazione alla volumetria totale della struttura</b>	Codice intervento 1 <input type="text" value=" _ "/> <input type="text" value=" _ "/> % percentuale volumetrica dell'edificio interessata Codice intervento 2 <input type="text" value=" _ "/> <input type="text" value=" _ "/> % percentuale volumetrica dell'edificio interessata Codice intervento 3 <input type="text" value=" _ "/> <input type="text" value=" _ "/> % percentuale volumetrica dell'edificio interessata		
<b>D</b>	<b>Stima dell' incremento di capacità conseguibile con gli interventi</b>	1 <input type="checkbox"/> SLC 2 <input type="checkbox"/> SLV 3 <input type="checkbox"/> SLD	Codice intervento 1 <input type="text" value=" _ "/> PGA1 <input type="text" value=" _ ."/> <input type="text" value=" _ "/> <input type="text" value=" _ "/> Codice intervento 2 <input type="text" value=" _ "/> PGA2 <input type="text" value=" _ ."/> <input type="text" value=" _ "/> <input type="text" value=" _ "/> Codice intervento 3 <input type="text" value=" _ "/> PGA3 <input type="text" value=" _ ."/> <input type="text" value=" _ "/> <input type="text" value=" _ "/>	approssimazione $\pm$ <input type="text" value=" _ ."/> <input type="text" value=" _ "/> <input type="text" value=" _ "/> approssimazione $\pm$ <input type="text" value=" _ ."/> <input type="text" value=" _ "/> <input type="text" value=" _ "/> approssimazione $\pm$ <input type="text" value=" _ ."/> <input type="text" value=" _ "/> <input type="text" value=" _ "/>

## LA TERAPIA: GLI STRUMENTI FINANZIARI

Fondo di cui all'art. 11 del decreto legge 28 aprile 2009 n. 39 convertito con modificazioni dalla legge 24 giugno 2009 n. 77

ART. 11. - (Interventi per la prevenzione del rischio sismico).

Nello stato di previsione del Ministero dell'economia e delle finanze e' istituito un Fondo per la prevenzione del rischio sismico. A tal fine e' autorizzata la spesa di:

€ 44,0 milioni	anno 2010
€ 145,1 milioni	anno 2011
€ 195,6 milioni	per ciascuno degli anni 2012, 2013 e 2014,
€ 145,1 milioni	anno 2015
€ 44,0 milioni	anno 2016

## LA TERAPIA: GLI STRUMENTI FINANZIARI

Fondo di cui all'art. 11 del decreto legge 28 aprile 2009 n. 39 convertito con modificazioni dalla legge 24 giugno 2009 n. 77

ART. 11. - (Interventi per la prevenzione del rischio sismico).

Nello stato di previsione del Ministero dell'economia e delle finanze e' istituito un Fondo per la prevenzione del rischio sismico. A tal fine e' autorizzata la spesa di:

€ 44,0 milioni	OPCM n. 3907/2010 – Annualità 2010
€ 145,1 milioni	OPCM n. 4007/2010 – Annualità 2011
<b>€ 195,6 milioni</b>	<b>Ord. P.C.M. 20/02/2013, n. 52</b>



## LA TERAPIA: GLI STRUMENTI FINANZIARI

Ord. P.C.M. 20/02/2013, n. 52

- a)* studi di microzonazione sismica (16 milioni di Euro);
- b)* interventi di rafforzamento locale o miglioramento sismico o, eventualmente, demolizione e ricostruzione di edifici ed opere pubbliche d'interesse strategico per finalità di protezione civile;
- c)* interventi strutturali di rafforzamento locale o miglioramento sismico o di demolizione e ricostruzione di edifici privati (170 milioni di Euro per gli interventi indicati alle lettere *b)* e *c)*);
- d)* altri interventi urgenti e indifferibili per la mitigazione del rischio sismico, con particolare riferimento a situazioni di elevata vulnerabilità ed esposizione (8,5 milioni di Euro).

## LA TERAPIA: GLI STRUMENTI TECNICI

### TECNOLOGIE INNOVATIVE

Sistemi di dissipazione

sismico

Sistemi di isolamento



## LA TERAPIA: GLI STRUMENTI TECNICI

### TECNOLOGIE INNOVATIVE: COSTI PARAMETRICI

I costi degli interventi di *retrofit* di strutture esistenti tramite isolamento alla base sono estremamente variabili in relazione alle caratteristiche del manufatto

- tipologie,
- geometrie
- sistemi strutturali.



ADEGUAMENTO ANTISISMICO

SIGUREZZA STRUTTURALE PER GLI EDIFICI  
RESIDENZIALI IN CEMENTO ARMATO  
COSTRUITI PRIMA DELL'ENTRATA IN VIGORE  
DELLA NORMATIVA SISMICA

## LA TERAPIA: GLI STRUMENTI TECNICI

### TECNOLOGIE INNOVATIVE: COSTI PARAMETRICI

Il costo medio basato su un campione di 22 edifici è stato valutato secondo quanto riportato in tabella

Tabella. Costi medi unitari per il retrofit di costruzioni esistenti  
(€/mc)

TIPOLOGIA DI INTERVENTO	complessivo	strutturale	sistema di protezione sismica
Isolamento	<b>165,09</b>	67,05	21,30
Sistemi di dissipazione	<b>91,63</b>	47,90	26,06

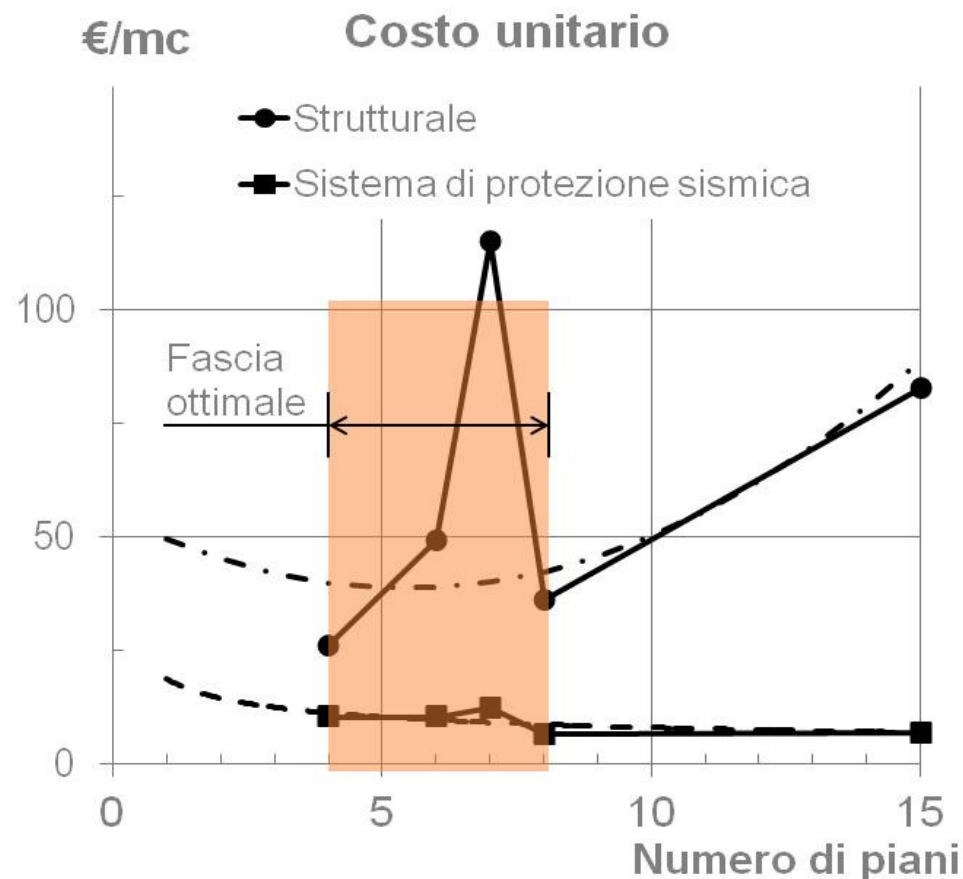
## LA TERAPIA: GLI STRUMENTI TECNICI

### ISOLAMENTO SISMICO: COSTI PARAMETRICI

Le voci dei costi di intervento sono legate alla volumetria ed al numero di piani dell'edificio.

Qualitativamente si possono desumere i trend di costo unitario) per le due aliquote:

- fornitura e prova dei dispositivi antisismici
- adeguamento delle parti strutturali



# LA TERAPIA: GLI STRUMENTI TECNICI

## ISOLAMENTO SISMICO: ESEMPIO



# LA TERAPIA: GLI STRUMENTI TECNICI

## ISOLAMENTO SISMICO: ESEMPIO



## LA TERAPIA: GLI STRUMENTI TECNICI

### ISOLAMENTO SISMICO: ESEMPIO

I dispositivi impiegati per la realizzazione del sistema di isolamento sono del tipo più tradizionale, ossia HDRB (*high damping rubber bearings*) e appoggi scorrevoli a basso attrito FSS (slitte).





## LA TERAPIA: GLI STRUMENTI TECNICI

### ISOLAMENTO SISMICO: ESEMPIO

DATI SULLA TECNICA DI PROTEZIONE SISMICA UTILIZZATA E  
PARAMETRI DI INCIDENZA DEL COSTO DI INTERVENTO

Sistema di protezione sismica adottato	Isolamento sismico alla base con HDRB e FSL
Costo di:	
–intervento complessivo	€ 530.000
–intervento strutturale	€ 130.000
–sistema di protezione sismica	€ 51.000
Incidenza costo	
–intervento complessivo	€/mc 106,00
–intervento strutturale	€/mc 26,00
–sistema di protezione sismica	€/mc 10,20

# smart village *in tour*

CATANIA, 21 marzo 2013

**Sicurezza sismica di edifici esistenti: analisi, diagnosi e terapie**

**Luigi Bosco**

