

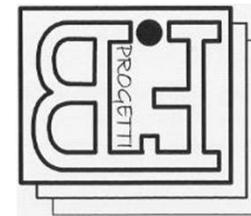
IL PERICOLO VIENE DALL'ALTO:

**DALLA PREVENZIONE ALLA SOLUZIONE DEI RISCHI
LEGATI ALLO SFONDELLAMENTO DEI SOLAI**

**“IL RISCHIO SISMICO ED IL
PATRIMONIO EDILIZIO ESISTENTE”**

Relatore : Ing. Pierluigi Betti

**B.F. PROGETTI
Ing. Pierluigi Betti
Ing. Andrea Fedi**



**L'ITALIA è uno dei Paesi a
MAGGIORE RISCHIO SISMICO DEL
MEDITERRANEO**

per la frequenza dei terremoti che hanno storicamente interessato il suo territorio e per l'intensità che alcuni di essi hanno raggiunto, determinando un impatto sociale ed economico rilevante

IL RISCHIO SISMICO IN EUROPA E NEI PAESI DEL MEDITERRANEO

European Seismological Commission

International Geological Correlation Program
Project no. 382: SESAME

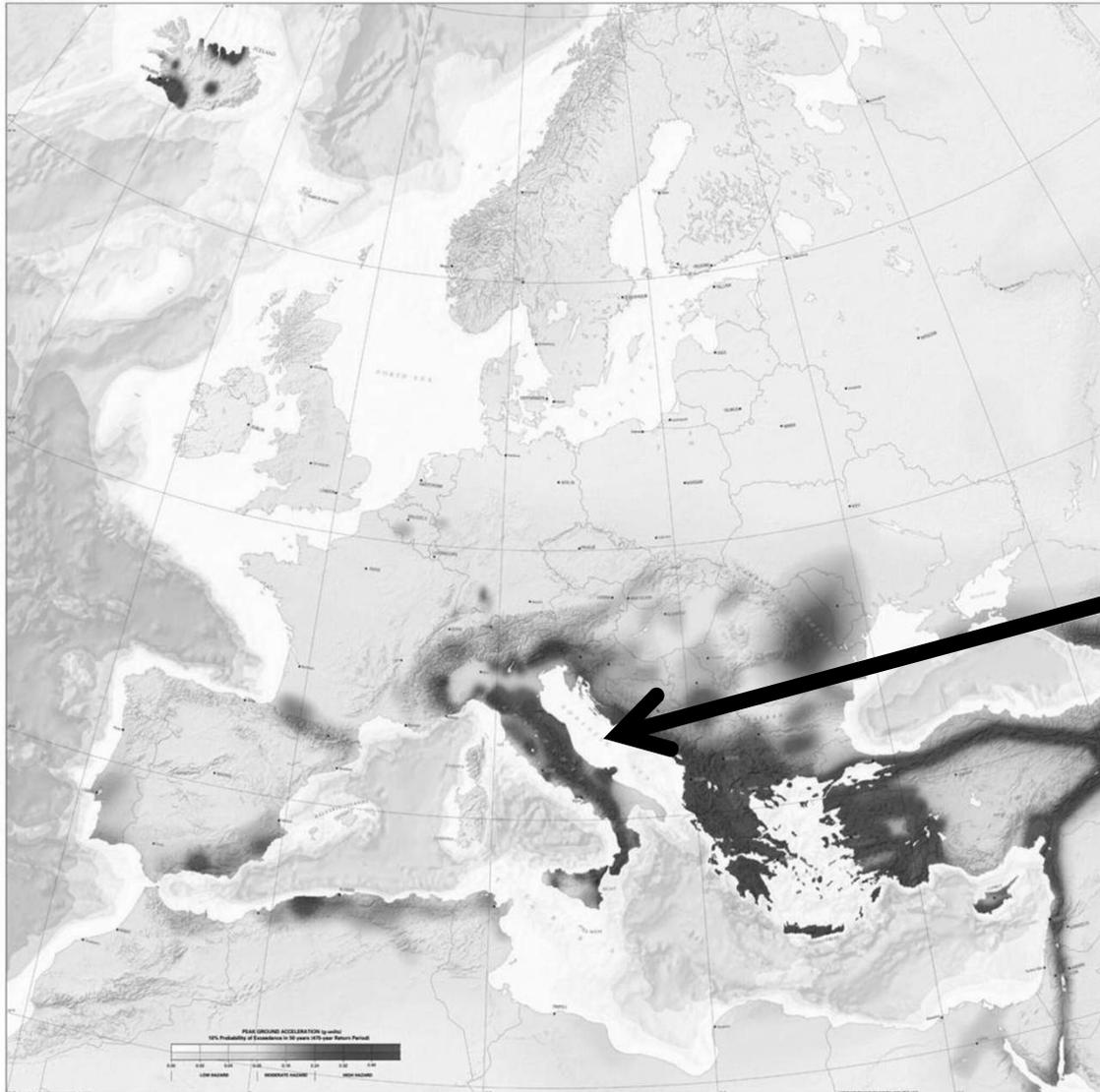
EUROPEAN-MEDITERRANEAN SEISMIC HAZARD MAP

Editors: D. Giardini, M. J. Jiménez and G. Grünthal



Scale 1:5 000 000

February 2003



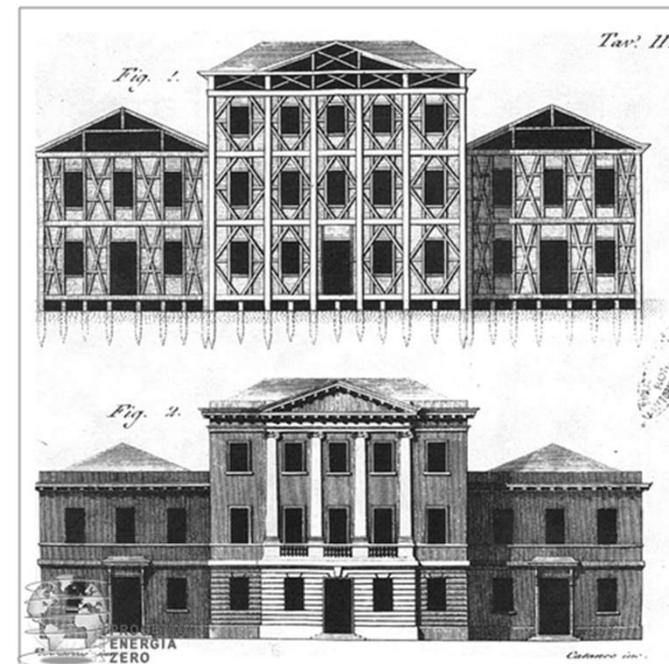
Grecia
Turchia
Albania
Croazia (Dalmazia)
Romania (Vrancea)
Bulgaria
Islanda

ITALIA !

EVOLUZIONE NORMATIVA SISMICA IN ITALIA

1627 – 1° Decreto relativo la sismica. Dopo il gravissimo terremoto che colpì la Campania, fu definito un metodo costruttivo detto “sistema baraccato alla beneventana” basato su una struttura intelaiata in legno

1784 – Ferdinando IV di Borbone – “Istruzioni per la ricostruzione di Reggio”. Riconferma l'utilizzo del “sistema baraccato” alla luce delle conseguenze del terremoto del Febbraio 1783 di Messina e della Calabria. *La struttura di copertura doveva poggiare su cordoli alla sommità della muratura (...)*



EVOLUZIONE NORMATIVA SISMICA IN ITALIA

1859 – Il Governo Pontificio, a seguito degli eventi sismici che colpirono la Basilicata nel 1857 (con 11000 vittime) e Norcia nel 1859, emanò un regolamento edilizio. In tale regolamento si fissavano alcuni limiti geometrici (altezza massima, spessore murature, collegamento tra muri interni ed esterni, le aperture di porte e finestre a distanza conveniente dagli angoli le aperture risultassero verticalmente allineate)

1884 – Regio Decreto (limitazioni di altezza, No strutture spingenti)

1906-1909 – Regio Decreto (terremoto della Calabria del 1905 M=7.0 e di Messina del 1908 M=7.2)- Limitazioni geometriche, No strutture spingenti, ecc...

«considerare forze statiche orizzontali e verticali proporzionali ai pesi»

PRIMA NORMATIVA A FORNIRE L'INDIVIDUAZIONE DELLE ZONE SISMICHE IN ITALIA (1909)



EVOLUZIONE NORMATIVA SISMICA IN ITALIA

1915 – Classificazione sismica dell’Abruzzo (terremoto della Marsica M=7.0 con 32000 vittime)



1916 –Decreto Legge n. 1526 (terremoto di Rimini e Pesaro). Quantifica le forze sismiche e la loro distribuzione lungo l’altezza dell’edificio. Quantifica le forze orizzontali per simulare le azioni dinamiche orizzontali dovute al moto sismico (C=0.125 al piano terreno; C=0.167 ai piani superiori).

EVOLUZIONE NORMATIVA SISMICA IN ITALIA

1919 – Terremoto nel Mugello in Toscana (M=6.2)



BORGO S. LORENZO
Effetti del terremoto nel Mugello 29 giugno 1919
Una casa di Piazza Cavour

EVOLUZIONE NORMATIVA SISMICA IN ITALIA

1924 – Regio Decreto n. 2089

LA PROGETTAZIONE ANTISISMICA DEVE ESSERE ESEGUITA DA UN INGEGNERE

1927 – Regio Decreto n. 431

- 1) estende il concetto di zonazione ed indica le aree a seconda della categoria sismica (introduzione della seconda categoria);
- 2) contiene delle prescrizioni differenziate a seconda della categoria del sito;
- 3) impone la dimensione minima dei pilastri in c.a. come 30×30 ;
- 4) Considera delle forze sismiche differenziate a seconda della categoria.
I Cat. $C=0.125$ piano terra; $C=0.167$ piani superiori; +50 % verticale
II Cat. $C=0.100$ piano terra; $C=0.125$ piani superiori; +33 % verticale

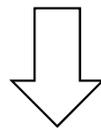
PRIMA CLASSIFICAZIONE SISMICA TOSCANA (dopo terremoto di Siena e Grosseto - terremoto dei Castelli Romani $M=5.0$)

EVOLUZIONE NORMATIVA SISMICA IN ITALIA

1937 – Regio Decreto “Norme tecniche ed igieniche per le riparazioni, ricostruzioni e nuove costruzioni degli edifici pubblici e privati nei comuni o frazioni di comune dichiarati zone sismiche.”

- 1) le forze verticali vengono ridotte da 50% a 40 % per zone di Cat. I e da 33% a 25% per zone di Cat. II;
- 2) gli accidentali vengono ridotti ad 1/3 del valore nominale;
- 3) le forze sismiche orizzontali vengono fissate pari a $C=0.10$ per zone Cat. I e $C=0.07$ per zone Cat. II (*coefficiente di intensità sismica*)

1962 – Legge n. 1684 del 25 Novembre 1962



1974 – **Legge n. 64** del 2 Febbraio 1974 “Provvedimenti per le costruzioni con particolari prescrizioni per le zone sismiche”.

LEGGE QUADRO

approvata una nuova normativa sismica nazionale che stabilisce il quadro di riferimento per le modalità di classificazione sismica del territorio, oltre che la redazione delle norme tecniche (*Aggiornata con il DPR 380/2001-Testo Unico*)

EVOLUZIONE NORMATIVA SISMICA IN ITALIA

1975 – Decreto Ministeriale del 3 Marzo 1975 (Introduzione dell'Analisi Dinamica)

1977 – Legge Regionale del Friuli n. 30 del 20 Giugno
Introduzione metodo POR (terremoto del Friuli - 1976 M=6.4)



1984 – DM 29.02.84 Riguardante la classificazione sismica del territorio. Tale studio si basa su un indagine di tipo probabilistico ed è a base della classificazione dell'OPCM. Si introduce il coefficiente I (protezione sismica) per particolari categorie di edifici. (A seguito del terremoto dell'Irpinia del 1980, M=6.9)

EVOLUZIONE NORMATIVA SISMICA IN ITALIA

1992 – Decreto Ministeriale del 14 Febbraio 1992

1996 – Decreto Ministeriale del 16 Gennaio 1996 *“Norme tecniche per le costruzioni in zone sismiche.”* e Circolare 1997

1997 – terremoto dell’Umbria e delle Marche M=6.1

2002 – terremoto di San Giuliano di Puglia M=6.0



EVOLUZIONE NORMATIVA SISMICA IN ITALIA

2003 – Ordinanza del Consiglio dei Ministri OPCM n. 3274 del 20 Marzo 2003

2008 – Decreto Ministeriale del 14 Gennaio 2008 (G.U. n. 29 del 4/02/2008)
“Norme Tecniche per le Costruzioni.” Entrato in vigore nel 1 Luglio 2009 a
seguito del terremoto dell’Aquila dell’Aprile 2009

2009 – Terremoto in Abruzzo $M=6.3$

2012 – Terremoto in Emilia Romagna $M=6.0$



Novembre 2014 -
via libera del
Consiglio Superiore
dei Lavori Pubblici
alle **NUOVE NTC**



EVOLUZIONE CLASSIFICAZIONE SISMICA PROVINCIA DI PRATO

PROVINCIA DI PRATO

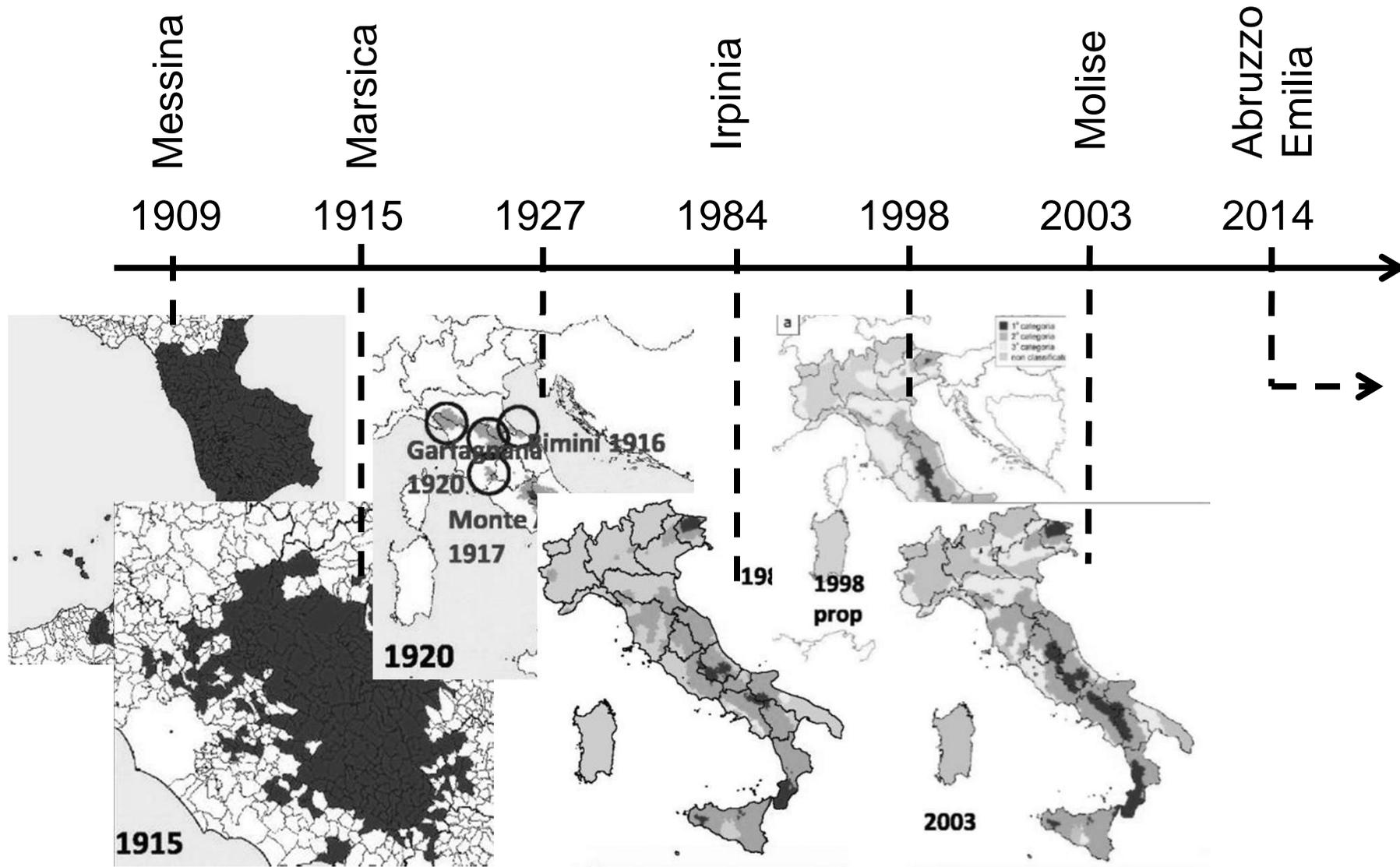
Comune	Classificazioni precedenti		Attuale classificazione
	1927	1982	2006
CANTAGALLO	non classificato	classificato in zona 2	zona 2
CARMIGNANO	non classificato	classificato in zona 2	riclassificato in zona 3S
MONTEMURLO	non classificato	classificato in zona 2	zona 2
PRATO	non classificato	classificato in zona 2	riclassificato in zona 3S
VAIANO	non classificato	classificato in zona 2	zona 2
VERNIO	non classificato	classificato in zona 2	zona 2
POGGIO A CAIANO	non classificato	classificato in zona 2	riclassificato in zona 3S

EVOLUZIONE CLASSIFICAZIONE SISMICA PROVINCIA PISTOIA

PROVINCIA DI PISTOIA

Comune	Classificazioni precedenti				Attuale classificazione
	1927	1962	1982	2003	2006
ABETONE	non classificato	non classificato	non classificato	classificato in zona 3	riclassificato in zona 2
AGLIANA	non classificato	non classificato	classificato in zona 2	zona 2	riclassificato in zona 3S
BUGGIANO	non classificato	non classificato	non classificato	classificato in zona 3	zona 3
CHIESINA UZZANESE	non classificato	non classificato	non classificato	classificato in zona 3	zona 3
CUTIGLIANO	classificato in zona 2	declassificato	non classificato	riclassificato in zona 3	riclassificato in zona 2
LAMPORECCHIO	non classificato	non classificato	classificato in zona 2	zona 2	riclassificato in zona 3S
LARCIANO	non classificato	non classificato	classificato in zona 2	zona 2	riclassificato in zona 3S
MARLIANA	non classificato	non classificato	non classificato	classificato in zona 3	zona 3
MASSA E COZZILE	non classificato	non classificato	non classificato	classificato in zona 3	zona 3
MONSUMMANO TERME	non classificato	non classificato	non classificato	classificato in zona 3	zona 3
MONTALE	non classificato	non classificato	classificato in zona 2	zona 2	zona 2
MONTECATINI TERME	non classificato	non classificato	non classificato	classificato in zona 3	zona 3
PESCIA	non classificato	non classificato	non classificato	classificato in zona 3	zona 3
PIEVE A NIEVOLE	non classificato	non classificato	non classificato	classificato in zona 3	zona 3
PISTOIA	non classificato	non classificato	classificato in zona 2	zona 2	zona 2
PITEGLIO	non classificato	non classificato	non classificato	classificato in zona 3	riclassificato in zona 2
PONTE BUGGIANESE	non classificato	non classificato	non classificato	classificato in zona 3	zona 3
QUARRATA	non classificato	non classificato	classificato in zona 2	zona 2	riclassificato in zona 3S
SAMBUCA PISTOIESE	non classificato	non classificato	classificato in zona 2	zona 2	zona 2
SAN MARCELLO PISTOIESE	classificato in zona 2	declassificato	non classificato	riclassificato in zona 3	riclassificato in zona 2
SERRAVALLE PISTOIESE	non classificato	non classificato	classificato in zona 2	zona 2	riclassificato in zona 3S
UZZANO	non classificato	non classificato	non classificato	classificato in zona 3	zona 3

EVOLUZIONE CLASSIFICAZIONE SISMICA



EVOLUZIONE CLASSIFICAZIONE SISMICA



ATTUALE CLASSIFICAZIONE SISMICA (2014)

- Non solo accorgimenti atti ad evitare danni dovuti alla crisi di elementi strutturali
- Sviluppo di strumenti per contenere i danni degli elementi “secondari”

PREVENIRE L'EMERGENZA

IL NOSTRO PATRIMONIO EDILIZIO E' ESTREMAMENTE VULNERABILE
AD AZIONI SISMICHE

In ITALIA **oltre 1 immobile su 3 risale agli anni '60/'70.**

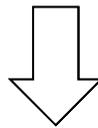
Sud Italia: la **Basilicata** è la regione che conta il numero più elevato di abitazioni antiche (39,3%), **Sicilia, Campania e Abruzzo** (38,3%).

Nord Italia: **Friuli Venezia Giulia** (31,2%), **Trentino Alto Adige** (31,3%)

Esempio:

- **PRATO:** GLI EDIFICI COSTRUITI PRIMA del 1982 sono stati progettati/realizzati IN ASSENZA DI PRESCRIZIONI ANTISISMICHE

- **VALDINIEVOLE :** GLI EDIFICI COSTRUITI PRIMA del 2003 sono stati progettati/realizzati IN ASSENZA DI PRESCRIZIONI ANTISISMICHE



La **CONOSCENZA** del PATRIMONIO EDILIZIO e le verifiche di **vulnerabilità (statica) e sismica + vulnerabilità degli elementi secondari** come strumento di SALVAGUARDIA del patrimonio edilizio

PREVENIRE L'EMERGENZA

O.P.C.M. n.3274 del 20 Marzo 2003 - art. 2 comma 3



OBBLIGO di verifica a cura dei rispettivi proprietari di tutte le opere strategiche per le finalità della Protezione Civile e quelle suscettibili di conseguenze rilevanti in caso di collasso

Circ. Dipart. Protez. Civile del 20 Maggio 2010



Ha richiesto entro il 31/12/2010 almeno la conoscenza delle caratteristiche generali attraverso una scheda di "livello 0"

D.L. n.216 del 29 Dicembre 2012 - art. 3 (Decreto milleproroghe)



Ulteriore proroga per le verifiche sismiche sugli edifici strategici con termine 31/12/2012

L' AZIONE SISMICA DI RIFERIMENTO

LE **VERIFICHE SISMICHE** DI EDIFICI ESISTENTI forniscono:

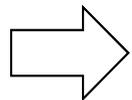
- T_R = PERIODO DI RITORNO DEL SISMA DI QUELLA STRUTTURA (il tempo medio di attesa tra il verificarsi di due eventi successivi)
- INDICE DI RISCHIO ($0 < I < 1$) = *rapporto capacità/domanda*
- INDIVIDUAZIONE DELLE **CRITICITA' LOCALI E GLOBALI**

Assumiamo sismi con PERIODI DI RITORNO diversi a seconda di:

1) *LIVELLO PRESTAZIONALE DA GARANTIRE*

(operatività, danno, salvaguardia della vita, collasso) → P_{VR}

2) *TIPO DI EDIFICIO (ordinario, rilevante, strategico) → $V_R = C_U \cdot V_N$*



Si assume una distribuzione probabilistica di Poisson

$$P_{V_R} = 1 - e^{-\frac{V_R}{T_R}}$$

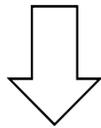
V_R = periodo di riferimento della costruzione

P_{VR} = probabilità di superamento nel periodo di riferimento V_R

L' AZIONE SISMICA DI RIFERIMENTO

$$T_R = \frac{-V_R}{\ln(1 - P_{VR})} \quad \text{con } 30 \text{ anni} \leq T_R \leq 2475 \text{ anni}$$

- Fissata la probabilità di eccedenza del periodo di ritorno P_{VR} ;
- Fissato il periodo di riferimento V_R ;



SI RICAVA IL PERIODO DI RITORNO T_R

Si riportano, per una struttura di vita nominale $V_N = 50$ anni, i periodi di ritorno dell'azione sismica da considerare per i singoli SL in funzione della classe d'uso.

Classe	V_R	SLO	SLD	SLV	SLC
		$P_{VR} = 81\%$	$P_{VR} = 63\%$	$P_{VR} = 10\%$	$P_{VR} = 5\%$
I	35	21	35	332	682
II	50	30	50	475	975
III	75	45	75	712	1462
IV	100	60	101	949	1950

probabilità di superamento p	intervallo temporale t	Periodo di Ritorno T_r (anni)		
81% / 50 anni		30	←	SLO
63% / 50 anni		50	←	SLD
20% / 50 anni		225		
10% / 50 anni		475	←	SLV
5% / 50 anni		975	←	SLC

L' AZIONE SISMICA DI RIFERIMENTO

RESIDENZA

A SLO verifico per un sisma con **TR=30 anni**
(che ha una probabilità di essere superato dell'83%....quindi elevata)

A SLV verifico per un sisma con **TR=475 anni**
(che ha una probabilità di essere superato dell'10%....quindi bassa)

SCUOLA

A SLO verifico per un sisma con **TR=45 anni**
(che ha una probabilità di essere superato dell'83%....quindi elevata)

A SLV verifico per un sisma con **TR=712 anni**
(che ha una probabilità di essere superato dell'10%....quindi bassa)

OSPEDALE

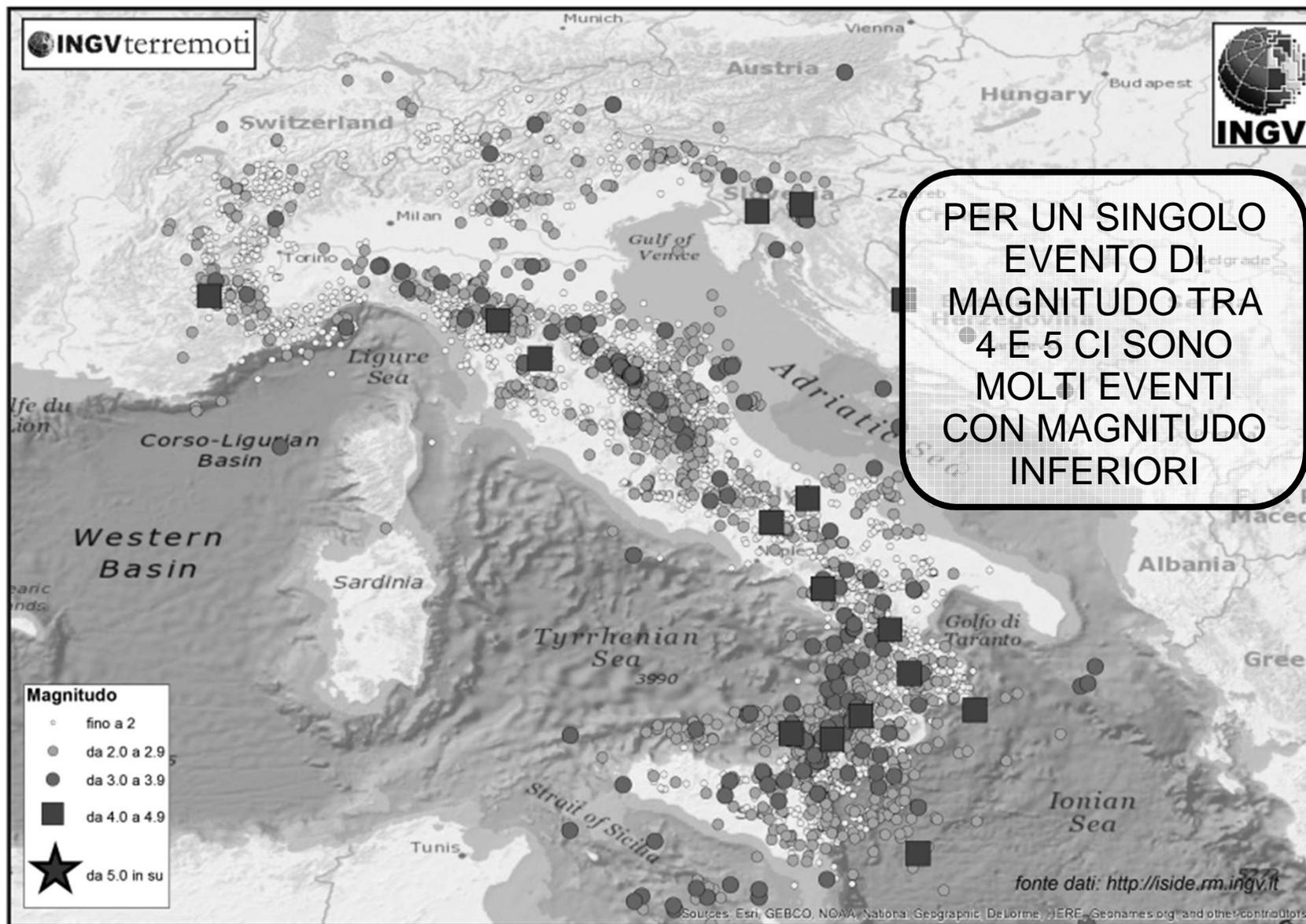
A SLO verifico per un sisma con **TR=60 anni**
(che ha una probabilità di essere superato dell'83%....quindi elevata)

A SLV verifico per un sisma con **TR=949 anni**
(che ha una probabilità di essere superato dell'10%....quindi bassa)

La probabilità che si manifesti un evento di magnitudo elevata è inferiore rispetto alla probabilità che si manifesti un evento di magnitudo bassa...

Lo si comprende anche osservando la carta dei terremoti riferiti ad un determinato periodo di tempo

MAPPA DEI TERREMOTI DEL 2014 (INGV)



DANNI PROVOCATI DAL SISMA e PROBABILITA' di ACCADIMENTO

Durante il sisma possono dunque verificarsi
ESTESI CROLLI....



Turchia (1999)



Romania (1977)



L'Aquila (2009)

DANNI PROVOCATI DAL SISMA e PROBABILITA' di ACCADIMENTO

...ma è più probabile (e più frequente) che si manifestino
CROLLI PARZIALI, LESIONI, CROLLO DI TRAMEZZI e TAMPONAMENTI



Serravalle di Chienti (frazione di Collecurti) 1997

DANNI PROVOCATI DAL SISMA e PROBABILITA' di ACCADIMENTO

- ...ma ancora più probabile (e più frequente) che si manifestino
DANNI "MODESTI"
- CADUTE DI CONTROSOFFITTI o ARREDI
che possono avere esiti altrettanto negativi



PER QUEST'ULTIMA EVENIENZA
POSSIAMO FARE QUALCOSA CON:

- **COSTI "SOSTENIBILI"**
- **TEMPI RAPIDI**



Grazie per l'attenzione!