

CORSO MICROZONAZIONE SISMICA



*Facoltà di Scienze dell'Università dell'Aquila,
3 marzo 2010*

Pericolosità e Input sismico per la microzonazione dell'area aquilana

Fabio Sabetta

Dipartimento della Protezione Civile

Ufficio Valutazione, Prevenzione e Mitigazione del Rischio Sismico

PERICOLOSITÀ SISMICA

Parametri descrittivi del moto del terreno
Valutazioni probabilistiche e deterministiche
Zone simogenetiche, cataloghi, relazione di ricorrenza
Attenuazione del moto del terreno
Calcolo della pericolosità: curve e spettri a pericolosità uniforme
Disaggregazione
Mappe di pericolosità
Macrozonazione e Classificazione sismica
Nuova Normativa sismica

INPUT SISMICO PER LA MICROZONAZIONE DELL'AREA AQUILANA

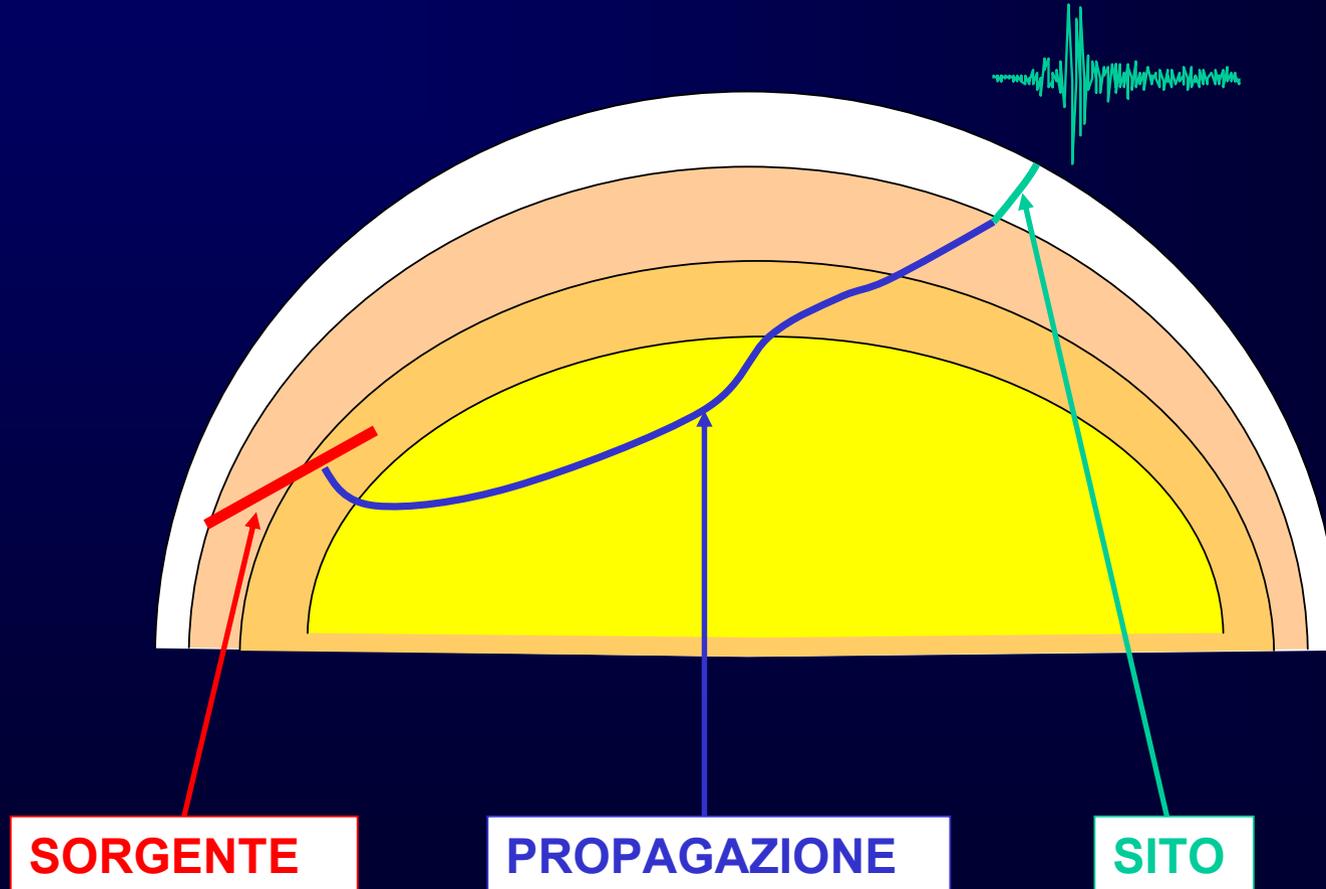
Probabilismo sismotettonico con sorgenti individuali e dipendenza temporale
Analisi statistico-probabilistica delle storie sismiche al sito da dati macrosismici
Registrazioni della scossa principale del 6 aprile e definizione di un moto sismico compatibile
Selezione del moto input da utilizzare nelle simulazioni numeriche per la microzonazione sismica

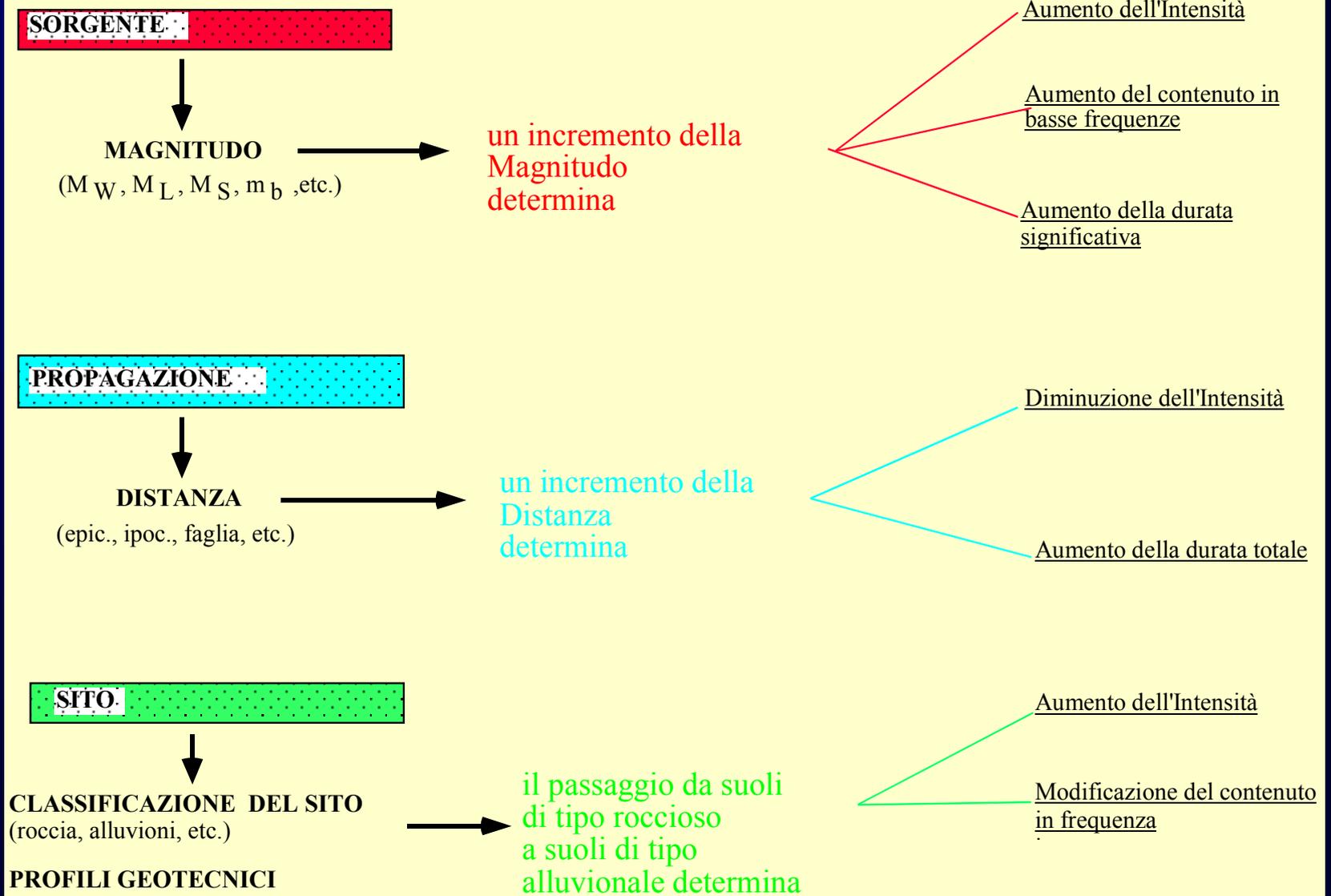
Fabio Sabetta

Dipartimento della Protezione Civile

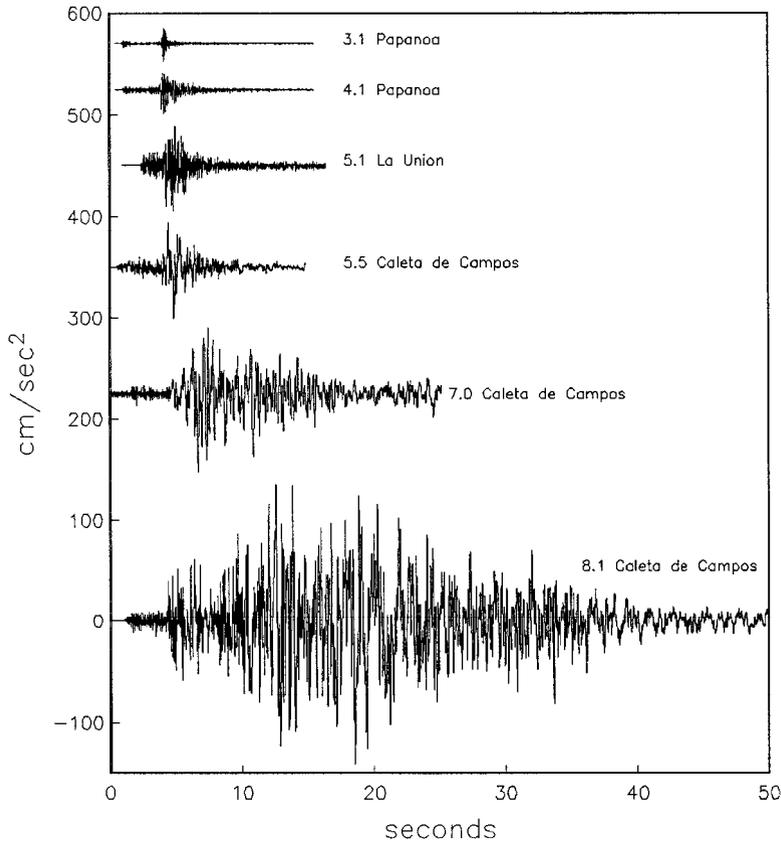
Ufficio Valutazione, Prevenzione e Mitigazione del Rischio Sismico

Principali elementi che influenzano una registrazione accelerometrica del moto del terreno

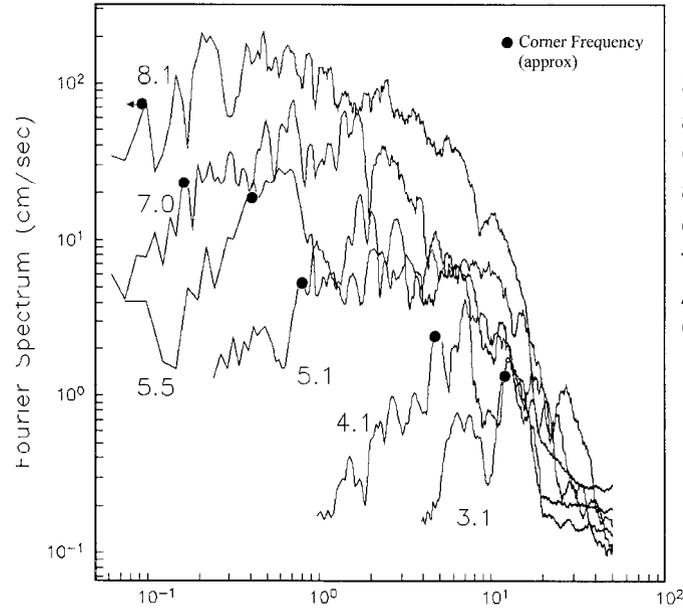




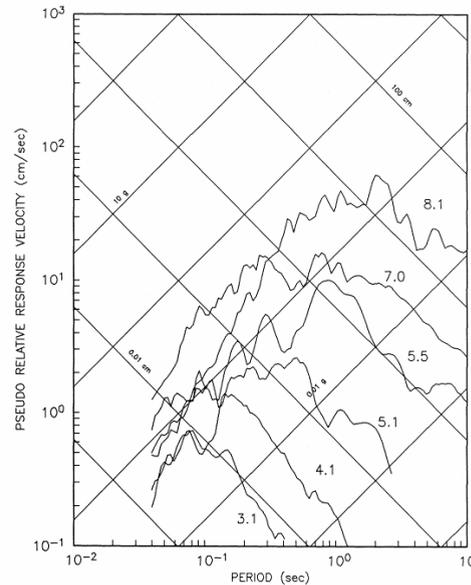
Effetti della variabilità di magnitudo



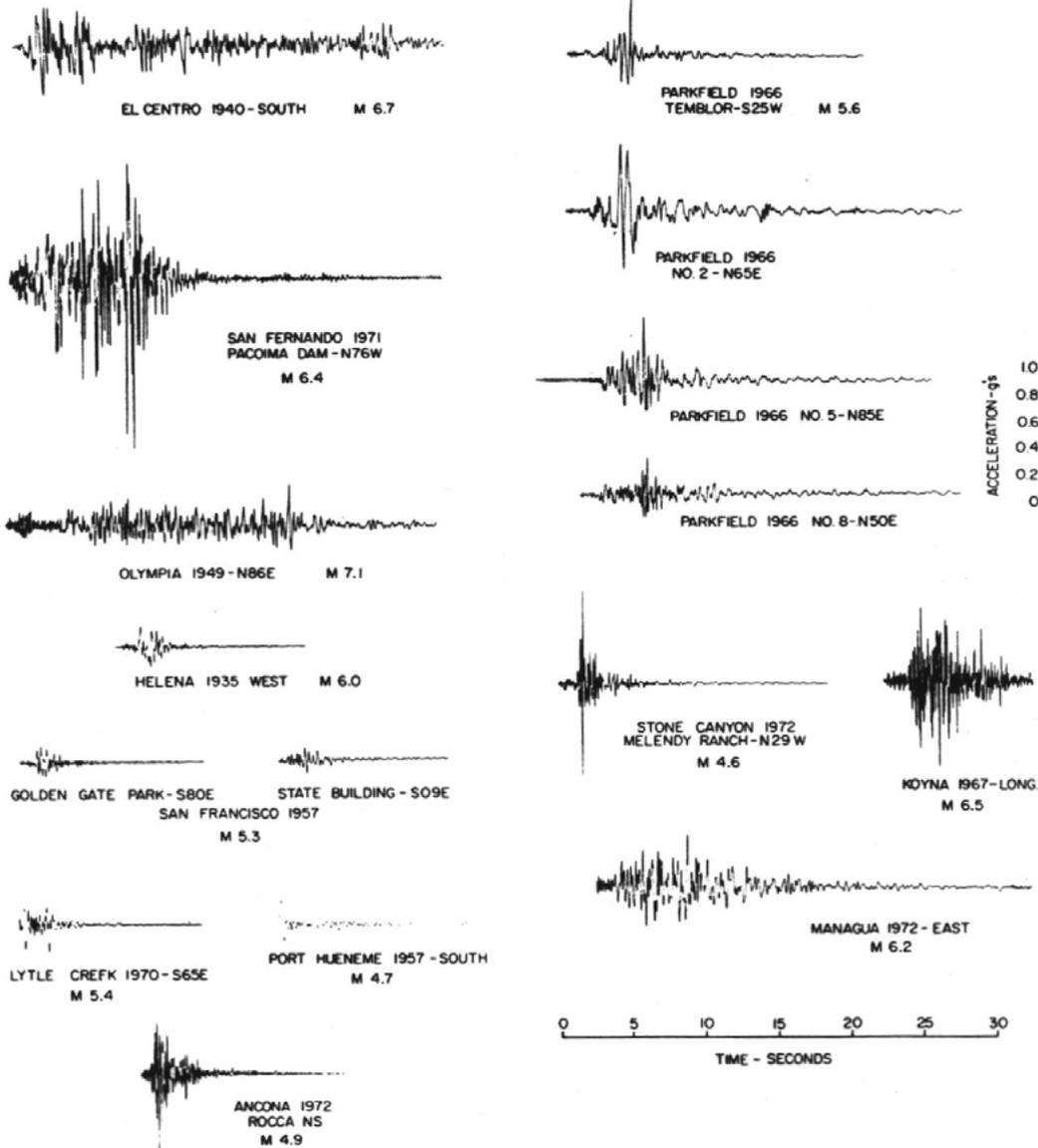
Accelerogrammi registrati alla stazione di Guerrero, Messico, da terremoti di diversa magnitudo (Anderson and Quaas, 1988)



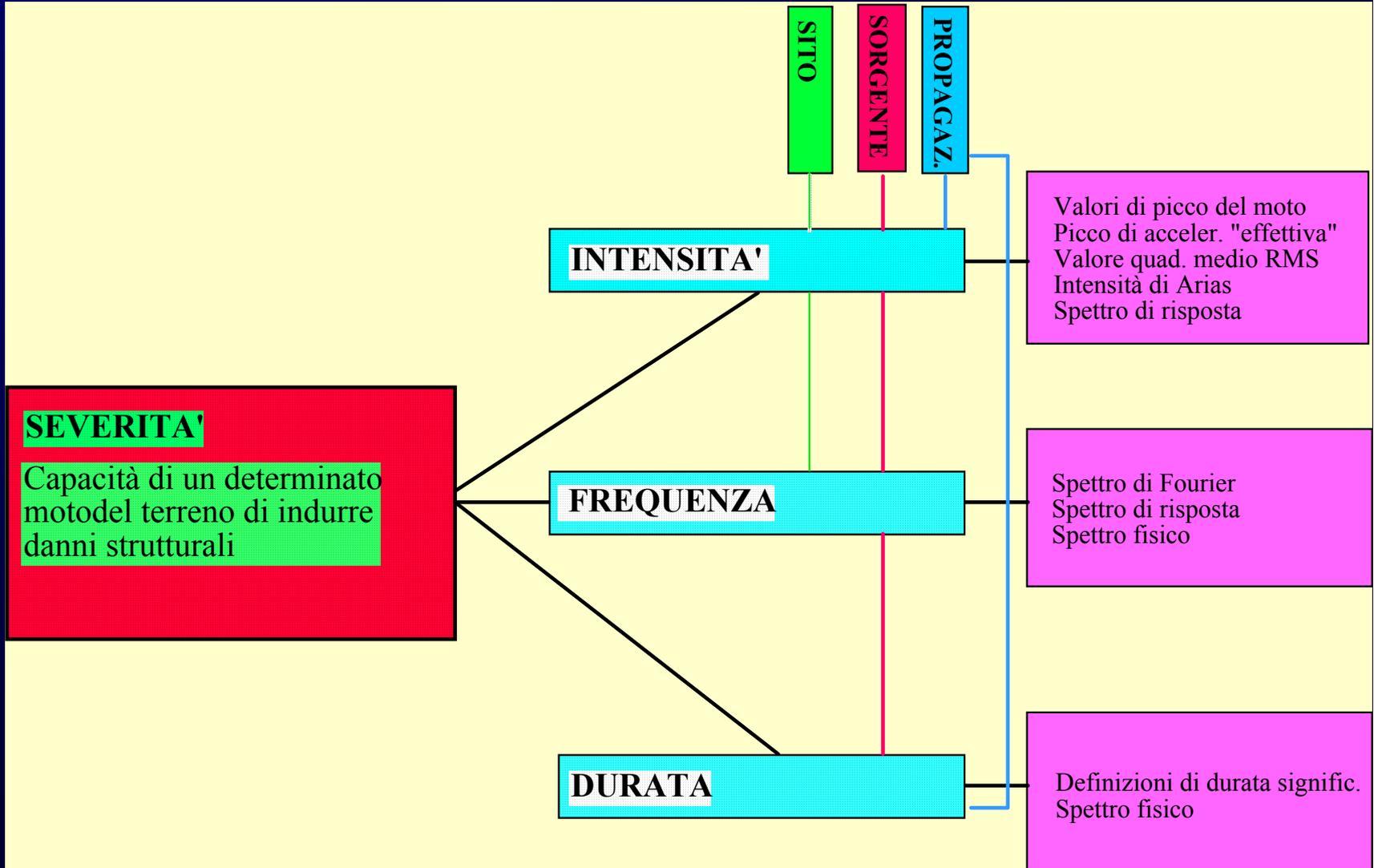
Fourier Ampl. Spectra of the accelerograms. Circles identify approximate corner frequency. (from Anderson and Quaas, 1988)



PSV response spectra of the accelerograms. (from Anderson and Quaas, 1988)



Accelerogrammi registrati in occasione di diversi terremoti e stazioni di registrazione (Hudson, 1979).

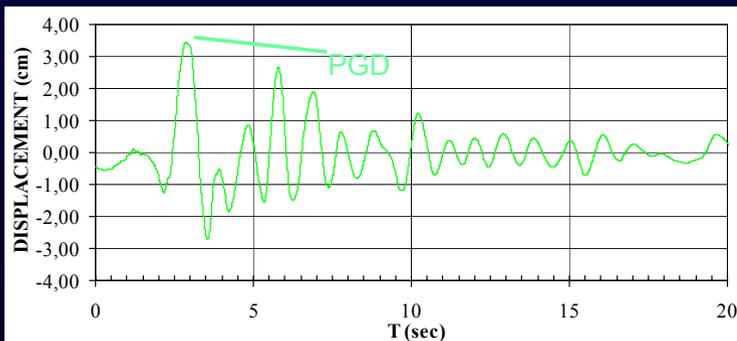
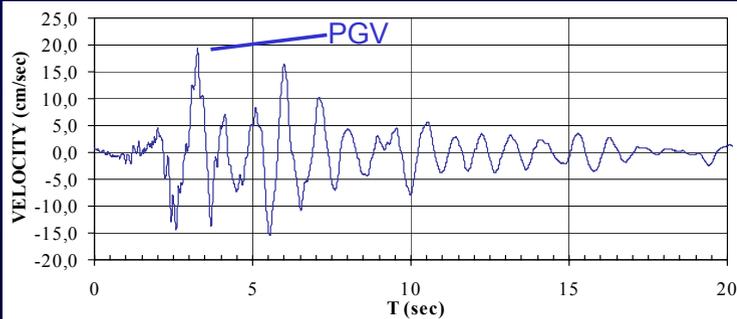
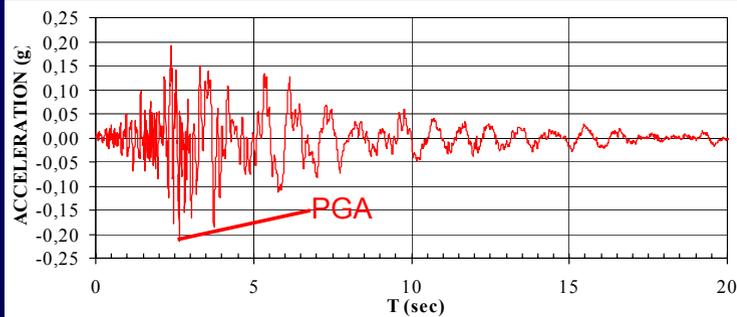


UMBRIA-MARCHE EARTHQUAKE - 26/09/1997, 11:40 LT, Ms=5.9

COLFIORITO: Comp. NS $R_{\text{epic}}=7.5$ km; $R_{\text{fault}}=3.9$ km; Soil=Deep alluv.

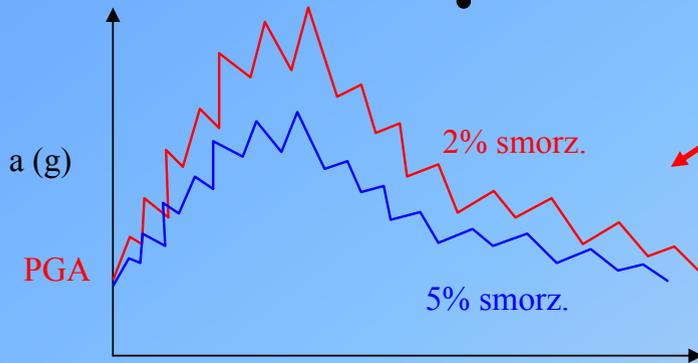
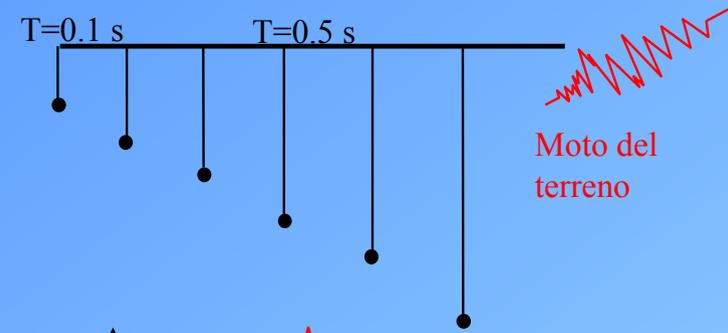
RECORDING INSTRUMENT= KINEMATRICS SMA-1

BAND-PASS FILTERED: 0.08- 0.29 29.99-31.99 HZ HALF COSINE FREQ. DOMAIN



**Picchi di accelerazione (PGA)
velocità (PGV) e
spostamento (PGD)**

Parametri descrittivi del moto del terreno

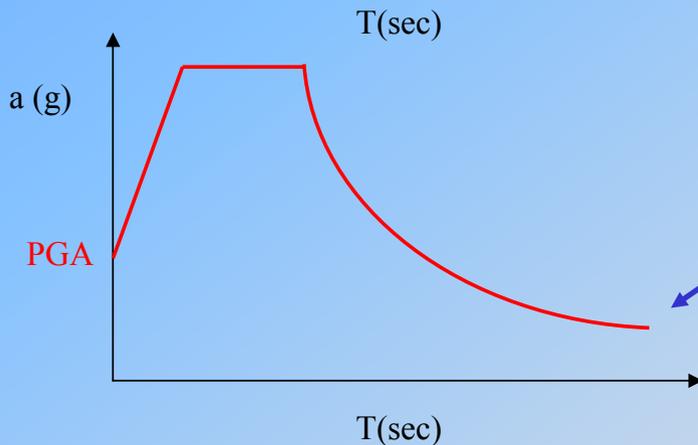


SPETTRO DI RISPOSTA

Ampiezze massime di oscillazione di una serie di oscillatori smorzati sottoposti alle oscillazioni forzate del moto del terreno

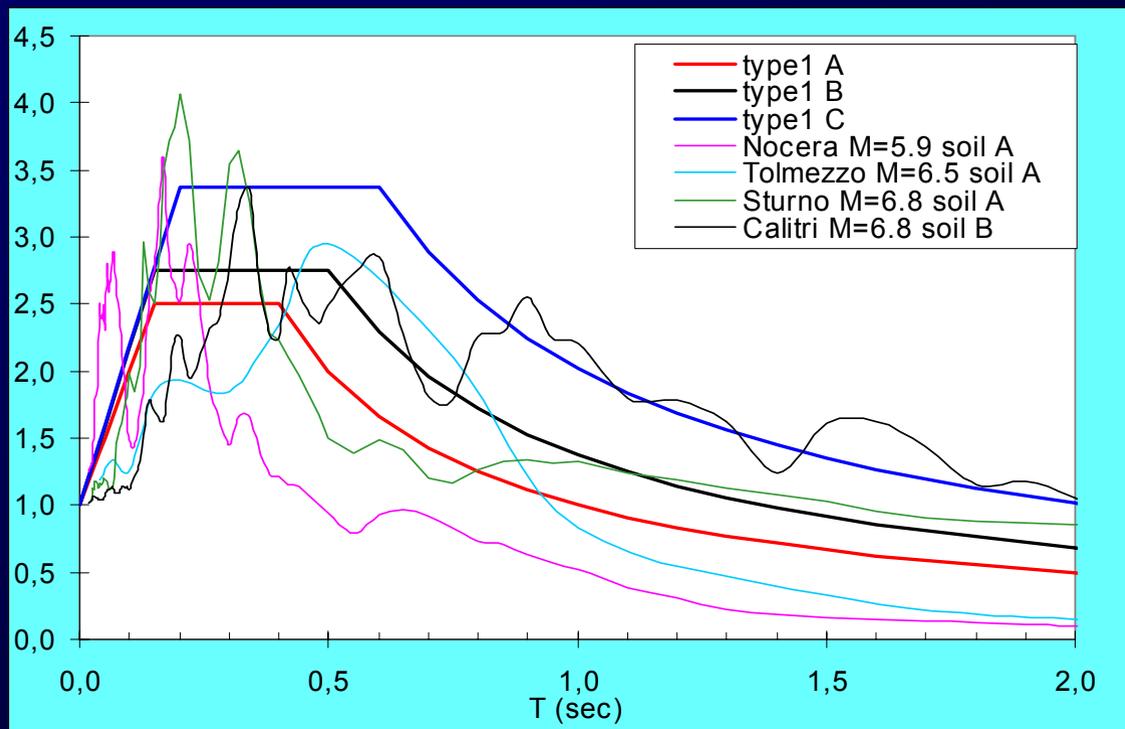
Le ampiezze, espresse in termini di accelerazione, velocità o spostamento vengono graficate in funzione del periodo o della frequenza degli oscillatori.

Il valore dello spettro di accelerazione a $T=0$ sec coincide col PGA.



SPETTRO DI PROGETTO

Involuppo di spettri di risposta ottenuti da registrazioni del moto del terreno utilizzato per la progettazione di strutture

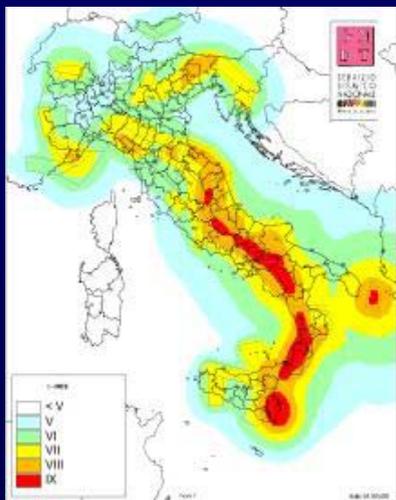


Spettri di progetto della normativa europea (Eurocodice 8 per tre tipi di terreno A,B,C) a confronto con gli spettri di risposta dei più forti terremoti italiani

Gli spettri sono “normalizzati” ossia le ordinate vengono divise per il corrispettivo valore di PGA per permettere il confronto delle forme spettrali

Station	Earthquake	M	R (km)	soil	PGA(g)
Nocera Umbra	Umbria 26/9/97	5,9	3	A	0,56
Tolmezzo	Friuli 06/05/76	6,5	16	A	0,35
Sturno	Irpinia 23/11/80	6,8	19	A	0,31
Calitri	Irpinia 23/11/80	6,8	13	B	0,18

Pericolosità



La Pericolosità dà conto della frequenza e della violenza dei terremoti più probabili che possono interessare un'area in un certo periodo di tempo.

Vulnerabilità



La Vulnerabilità dà una misura della propensione al danneggiamento degli oggetti esposti al fenomeno sismico.

Esposizione



Per Esposizione si intende la quantità e la qualità dei diversi elementi antropici che costituiscono la realtà territoriale: popolazione, edifici, infrastrutture, beni culturali, etc., le cui condizioni ed il cui funzionamento possono essere danneggiati, alterati o distrutti dall'evento sismico.



Rischio sismico

IMPORTANZA DEGLI STUDI DI PERICOLOSITÀ SISMICA AI FINI DELLA MITIGAZIONE DEL RISCHIO

- Gli studi e le mappe di **pericolosità sismica** costituiscono la base indispensabile per realizzare una adeguata **classificazione delle zone sismiche** dove applicare la normativa per le nuove costruzioni.
- Il principale problema è tuttavia quello di **ridurre la vulnerabilità degli edifici esistenti**.
- Considerata l'ingente quantità di risorse economiche necessarie per realizzare interventi di miglioramento sismico, è indispensabile disporre di una adeguata **valutazione del rischio** a scala nazionale che consenta di stabilire una **scala di priorità**.
- Gli studi di **pericolosità sismica** costituiscono il primo ingrediente per la **valutazione del rischio**.

STIME PROBABILISTICHE

- catalogo dei terremoti (storici, strumentali)
- zonazione sismogenetica
- relazioni di attenuazione

PROBABILITÀ DI ECCEDEZZA DI UN PARAMETRO DESCRITTIVO DEL MOTO DEL TERRENO

- modellazione numerica dei processi di rottura delle sorgenti che interessano il sito in esame
- valutazione del moto atteso (simulazioni numeriche o attenuazioni empiriche) al substrato roccioso
- effetti di amplificazione legati alle caratteristiche geomorfologiche del sito

ACCELEROGRAMMA O SPETTRO DI RISPOSTA AL SITO

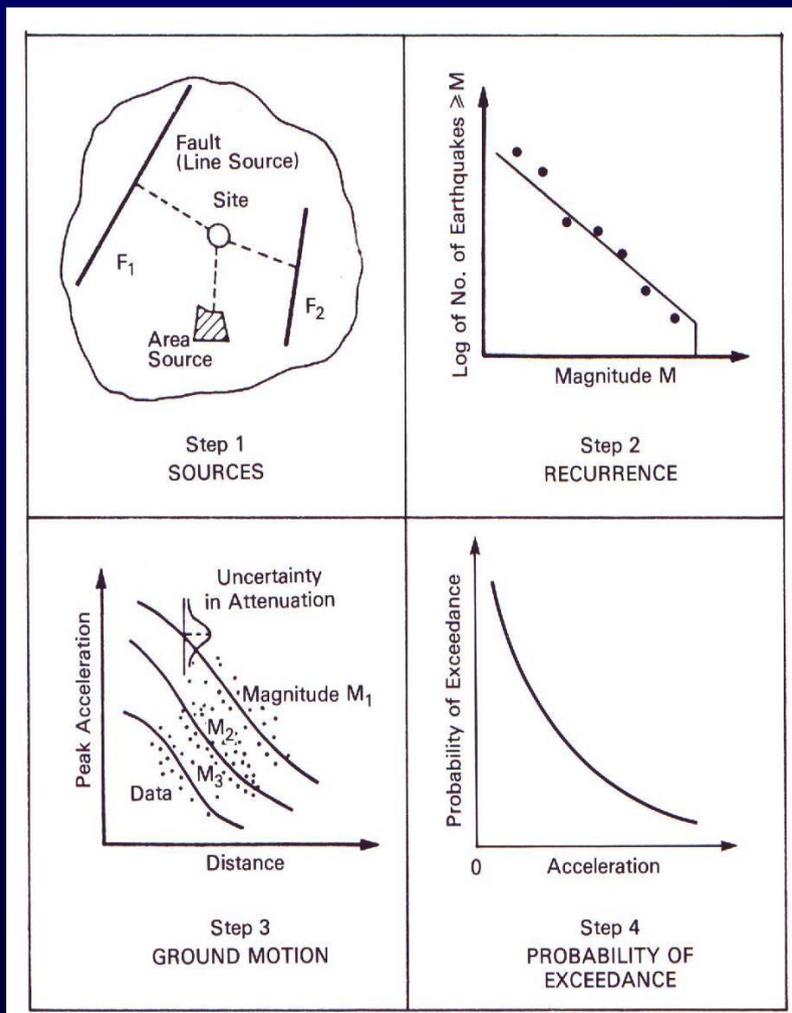
PERICOLOSITA' SISMICA

Possibilità che in un dato sito ed in un determinato periodo di tempo si verifichi uno scuotimento del terreno determinato da un terremoto ed in grado di produrre danni alle persone e alle cose

STIME DETERMINISTICHE

VALUTAZIONE PROBABILISTICA DELLA PERICOLOSITÀ SISMICA PROBABILISTIC SEISMIC HAZARD ASSESSMENT (PSHA)

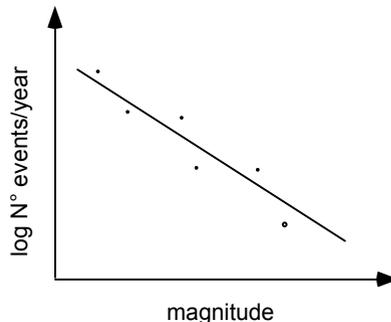
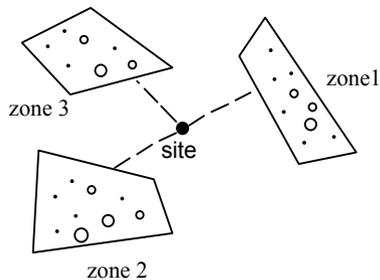
(Cornell, 1968)



Probabilità di eccedenza di un parametro descrittivo del moto del terreno (intensità macrosismica, picco di accelerazione, valori spettrali, ecc.) in un determinato intervallo di tempo.

Tale probabilità viene normalmente calcolata stimando, per ciascun valore del parametro selezionato, la corrispondente frequenza annua di eccedenza (λ) o il periodo di ritorno ($T=1/\lambda$).

La metodologia di Cornell è quella più consolidata e largamente usata per calcoli di pericolosità a scala nazionale. Progetti internazionali e europei, quali GSHAP e SESAME, propongono il metodo di Cornell come riferimento per tutte le nazioni dove le conoscenze sismotettoniche supportano questo tipo di approccio.



VALUTAZIONE PROBABILISTICA DELLA PERICOLOSITÀ SISMICA (Cornell, 1968)

1- CATALOGO SISMICO ZONE SISMOGENETICHE

La sismicità all'interno di ogni zona è uniforme: i terremoti hanno la stessa probabilità di comparsa su tutta la zona e seguono la stessa legge di ricorrenza. La sismicità dell'area, la geologia e la geofisica forniscono generalmente la base per l'identificazione delle zone.

2- RELAZIONI DI RICORRENZA

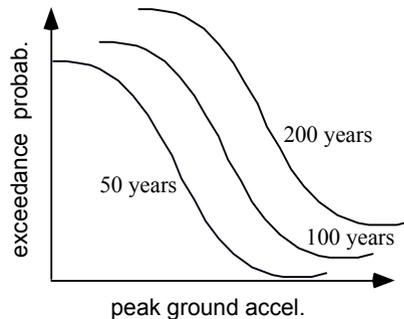
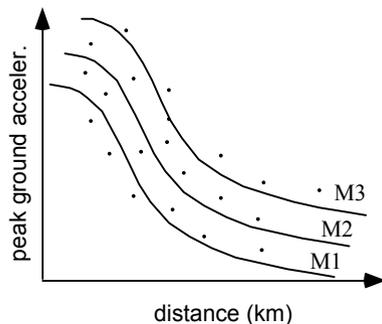
Per ogni zona va definita una relazione di ricorrenza tra il numero di eventi osservati e la Magnitudo (o Intensità) che consente di attribuire a ciascuna Magnitudo la sua frequenza annua di osservazione o il suo inverso (periodo di ritorno).

Il metodo di Cornell è basato sulle seguenti ipotesi :

- i tempi di intercorrenza dei terremoti seguono la distribuzione statistica di un **processo di Poisson** (gli eventi sono indipendenti tra loro e stazionari nel tempo);

- la distribuzione statistica della magnitudo è di tipo esponenziale e vale una legge di ricorrenza del tipo $\log(N) = a - bM$ fra numero di terremoti e loro intensità;

- la sismicità all'interno di ogni zona sismogenetica è uniforme,

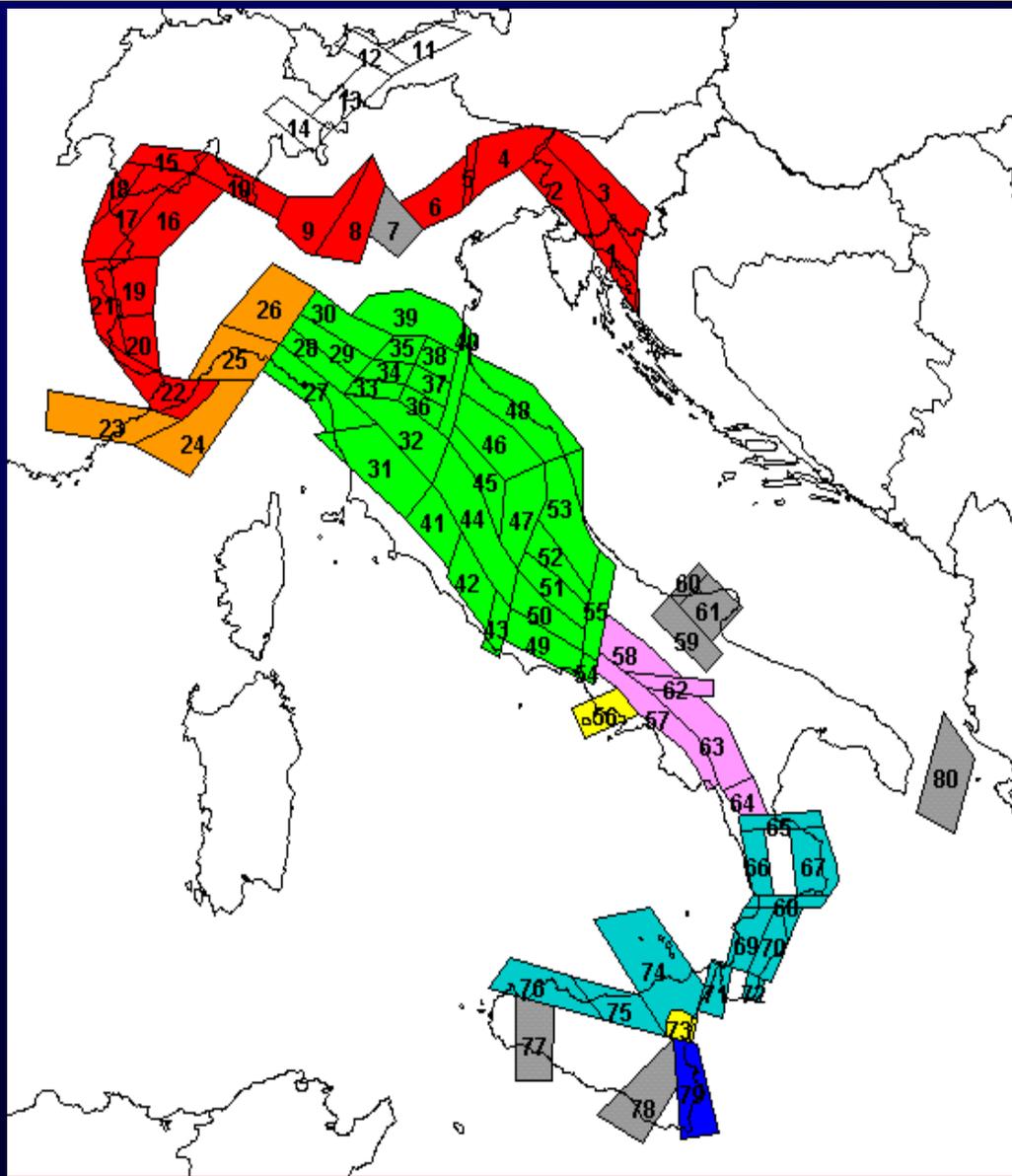


3- RELAZIONI DI ATTENUAZIONE

Servono per determinare il contributo attenuato al sito (in termini di intensità, picco di accelerazione, ecc.) di tutte le zone sismogenetiche. Tali relazioni vengono generalmente stimate con analisi di regressione sui dati raccolti nella regione di interesse.

4- STIMA DELLA PERICOLOSITA'

Calcolo della frequenza λ con cui il valore del parametro scelto viene superato nel sito in esame. Calcolo (attraverso la distribuzione di Poisson $1 - e^{-\lambda t}$) della probabilità di eccedenza per diversi valori del parametro e dei tempi di esposizione.



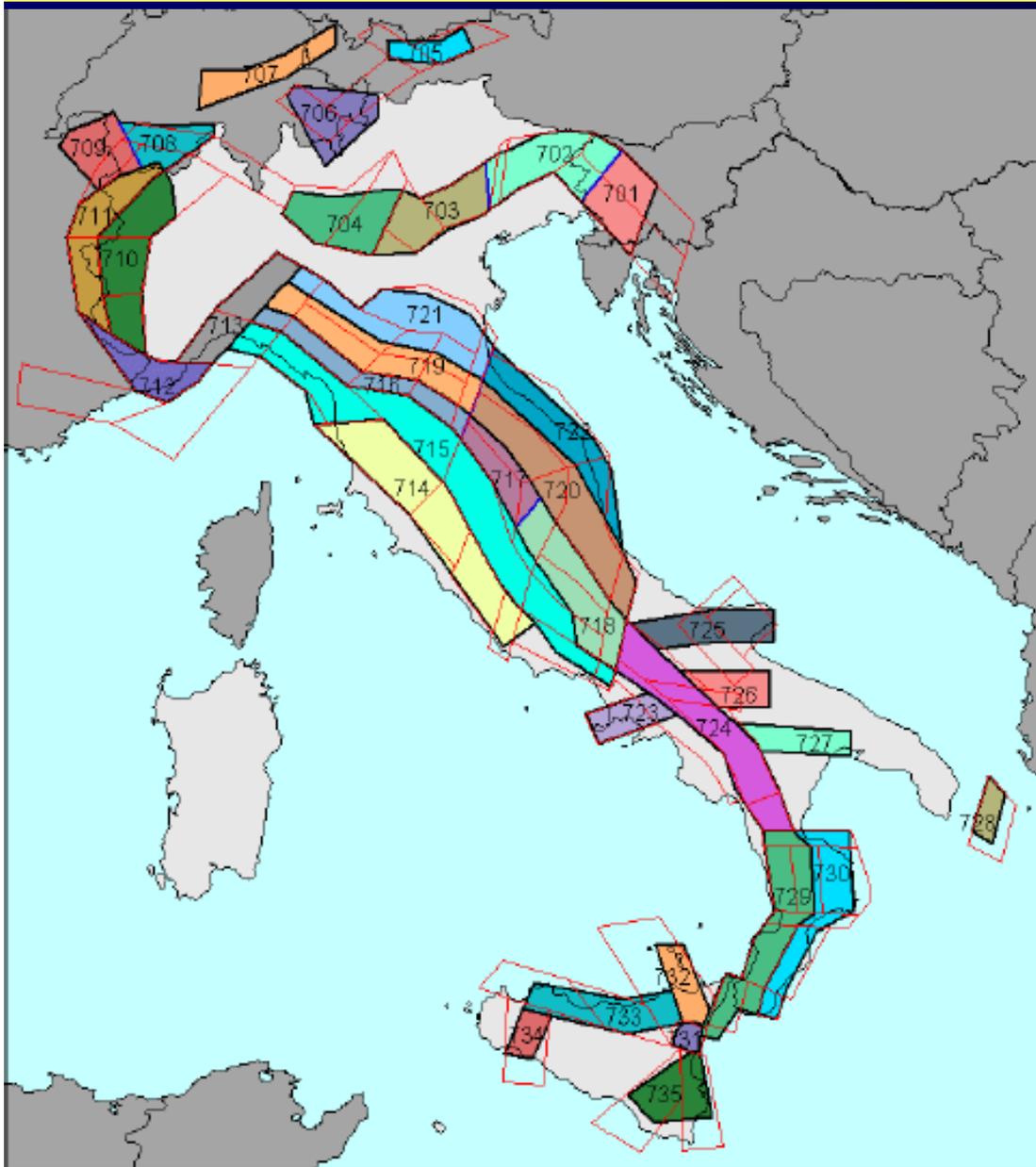
ZONAZIONE SISMOGENETICA DEL TERRITORIO ITALIANO

GNZS4
(Scandone et al., 1996)

La prima zonazione sismogenetica del territorio italiano (Scandone, 1996) è stata espressamente elaborata dal Gruppo Nazionale per la Difesa dai Terremoti (GNZS) per applicazioni di pericolosità sismica.

E' basata su un'analisi cinematica degli elementi geologici cenozoici e quaternari.

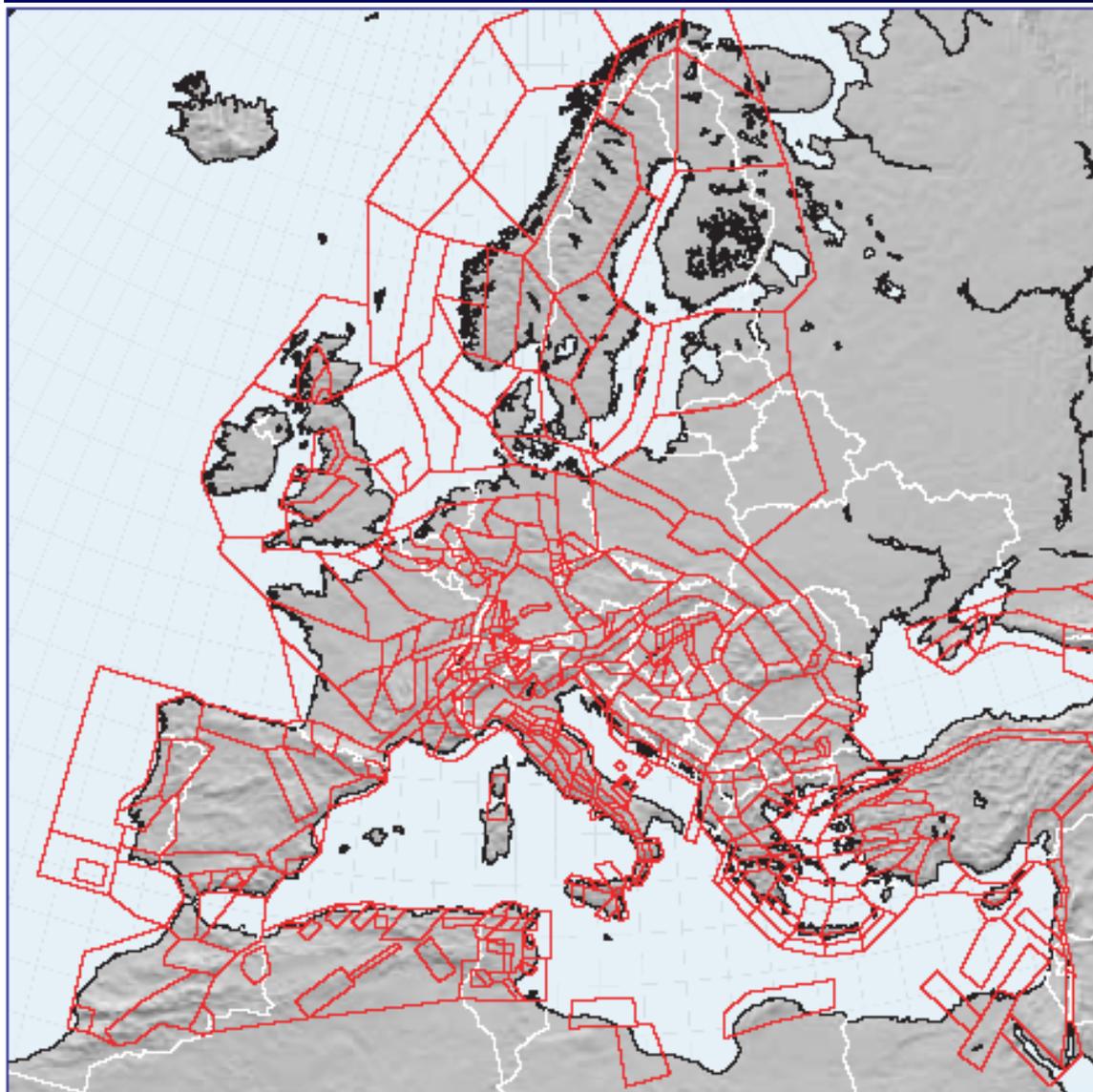
80 zone sismogenetiche.



ZONAZIONE SISMOGENETICA DEL TERRITORIO ITALIANO

INGV-ZS9 (Stucchi et al.,
2003)

Rappresenta un
aggiornamento di quella del
1996 (indicata in figura con le
linee rosse) e suddivide il
territorio in 35 zone



ZONAZIONE SISMOGENETICA DELL'EUROPA

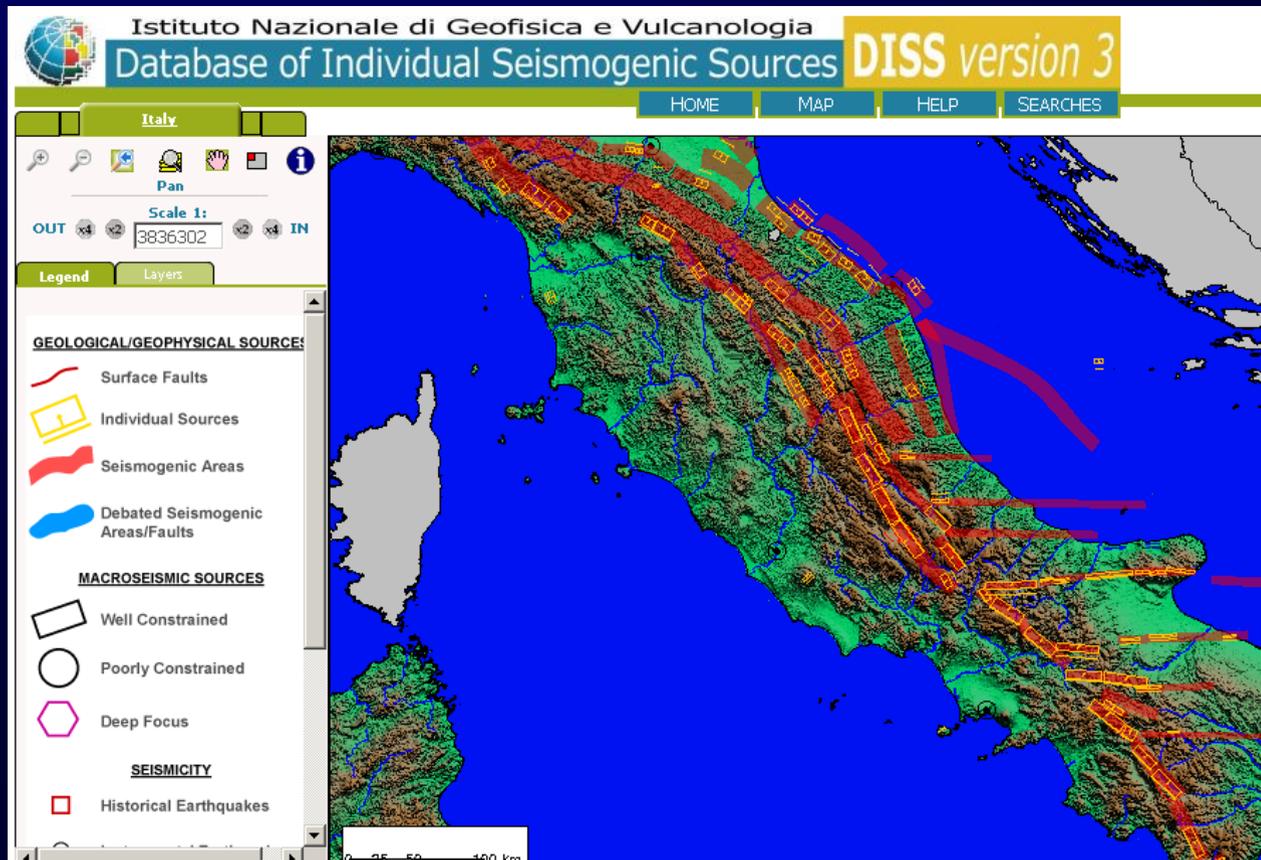
*European Seismological
Commission
UNESCO-IUGS
International Geological
Correlation Program
Project no. 382 SESAME
2002*

*Figure 1: Unified seismogenic source model for the European-Mediterranean region
(463 source zones).*

La crescente disponibilità di dati geologici, paleosismologici, geodetici e sismometrici consente l'impiego dei cosiddetti metodi ibridi

- Utilizzo di zone sismogenetiche, e modello di occorrenza poissoniano per la sismicità minore
- Utilizzo di faglie e modelli di occorrenza non stazionari per i terremoti più forti

<http://diss.rm.ingv.it/diss/Welcome.html>

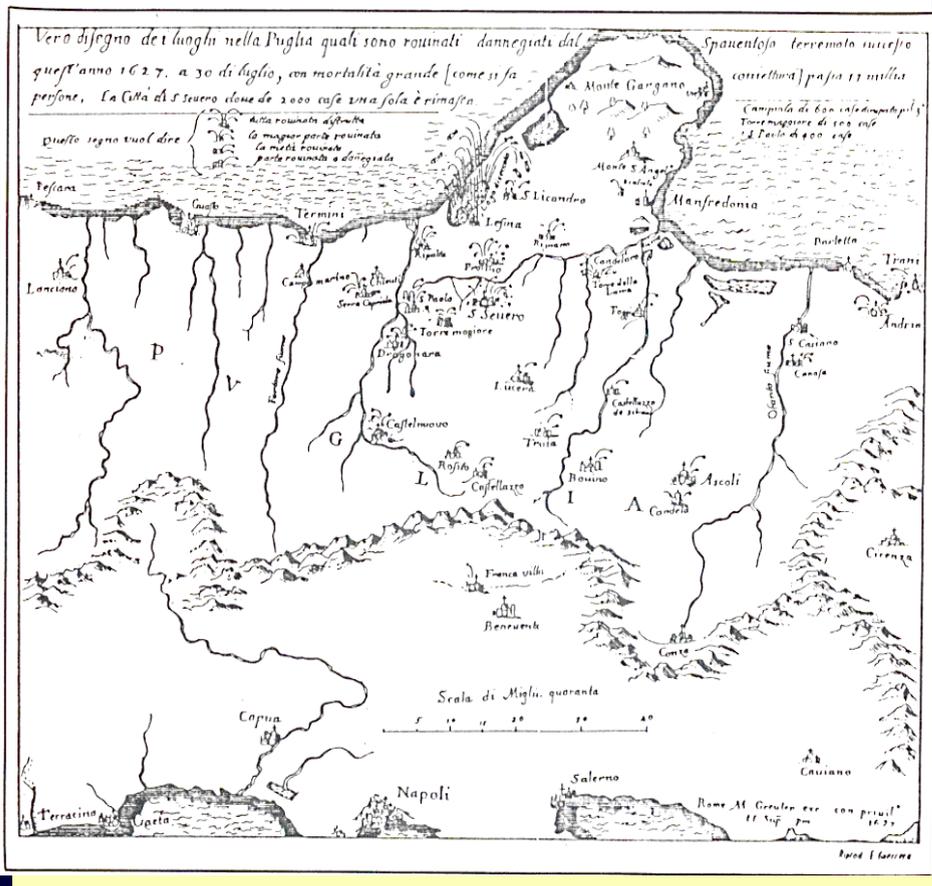


L'epoca della sismicità strumentale è cominciata solo nel 1898, per cui la **registrazione strumentale dell'attività sismica ha poco più di 100 anni di vita**. In confronto alla scala dei tempi dei processi geologici si tratta di un tempo particolarmente breve.



Lo studio dei terremoti avvenuti prima della fine del XIX secolo rappresenta la **sismicità storica** ed è costituito dalla raccolta di **rapporti, cronache, gazette, giornali**, relativi agli effetti sulle persone e sulle cose prodotti dai maggiori terremoti del passato.

Relazione sul terremoto aquilano del 1703



Primo esempio di una mappa macrosismica che descrive gli effetti del terremoto in una scala costituita da 4 gradi (terremoto del 1603 in Puglia)

TERRA TREMANTE O VERO CONTINUATIONE DE' TERREMOTI

Dalla Creazione del Mondo fino al tempo presente,

IN CUI

S' AMMIRANO METAMORFOSI DELLA NATURA, INGOMIAMENTI di Paoli, aperture, e voragini della Terra, assorbimenti d'Isola, desolazioni di Provincie, dispersioni d'Imperii, translationi di Città, di Monti, e di Territorii, distaccamenti di Regni, torcimenti di Fiumi, sorgere, e disseccamenti di essi,

CITTA' ROTTE IN LAGHI, ED IN CENERE, INONDAZIONI di Mare, e di Fiumi, ergimenti di Colli, produzioni d'Isola, precipiti, e profundazioni di Monti, scaturigini di Fuoco, Tempeste, Sterilità, Fame, e Pestè, Incendi, Spaventi, e Guerre, Partì mostruosissimi,

PIOGGIE DI SANGUE, DI PIETRE, DI TERRA, DI LANA, di Animali, di Latte, di Manna, di Grano, d'Orgio, di Vittovaglie, di Ceneri, di Fiamme, di Pefici, di Rane, e di Carne, Prodigii, Mostri, ed altre stravaganze, tutte da' Terremoti prodotte.

**DEL SIGNOR
D. MARCELLO BONITO
MARCHESE DI S. GIOVANNI
Cavaliere dell'Ordine di Calatrava.**



**IN NAPOLI, Nella Nuova Stampa dell'Isola
Dom. Aut. Parrino, e Michele Luigi Muti M. DC. LXXXVI.**

CON LICENZA DE' SUPERIORI.

Ad istanza di Dom. Aut. Parrino.

Uno dei primi cataloghi storici disponibili per l'Italia (Bonito 1691)

Il riferimento fondamentale per tutte le ricerche sulla sismicità storica in Italia è "I terremoti d'Italia", pubblicato nel 1901 da Mario Baratta, che contiene informazioni e dati relativi ai terremoti avvenuti dall'anno 1000 al 1899.

CATALOGO PARAMETRICO DEI TERREMOTI ITALIANI

versione 1
(CPTI99, luglio 1999)

Enzo Boschi
Paolo Gasperini
Gianluca Valensise
Istituto Nazionale di Geofisica

[formato
catalogo \(per finestre temporali\)
consultazione per parametri
download
appendici](#)

Romano Camassi
Viviana Castelli
Massimiliano Stucchi
Alessandro Rebez
Giancarlo Monachesi
Maria Serafina Barbano
Paola Albini
**Gruppo Nazionale per la
Difesa dai Terremoti**



Emanuela Guidoboni
Graziano Ferrari
Dante Mariotti
Alberto Comastri
SGA Storia Geofisica e Ambiente

Diego Molin
Servizio Sismico Nazionale

[per inviare un commento](#)
per informazioni [P. Gasperini](#), [R. Camassi](#)
versione on line a cura di [G. Rubbia](#)

versione 2
(CPTI04, maggio 2004)

[presentazione \(html\)
\(pdf 250 kb\)](#)

[formato \(pdf 180 kb\)](#)

[download \(xls 880 kb\)](#)

per informazioni [P. Gasperini](#), [R. Camassi](#)

Catalogo Parametrico dei Terremoti Italiani CPTI04

<http://emidius.mi.ingv.it/CPTI>

**2550 eventi con $I \geq V-VI$ MCS
e $M \geq 4.0$**

dal 217 a.C. al 2002

**(solo 24 eventi prima dell'anno
1000)**

**Il catalogo è essenzialmente
basato su dati storici (la
sismicità strumentale comincia
ai primi del XX secolo)**

Anno	Me	Gi	Or	Mi	Se	AE	Rt	Np	Imx	Io	Lat	Lon	Mw	Dw	Ms	Ds	Msp	Dsp	ZS9
1980	11	23	18	34	52	Irpinia-Basilicata	CFTI	1319	100	100	40.850	15.280	6.89	0.04	6.89	0.04	6.89	0.04	927

Operazioni da eseguire su di un catalogo sismico storico ai fini del suo utilizzo in studi di pericolosità

FILTRAGGIO

Per garantire le ipotesi di stazionarietà nel tempo e di indipendenza degli eventi alla base del modello “poissoniano” è necessario eseguire un opportuno filtraggio del catalogo per rimuovere i “foreshocks” e gli “aftershocks” delle scosse principali (ad es. in CPTI è stato conservato solo l’evento maggiore all’interno di finestre spazio-temporali di raggio 30 km e +/- 90 gg.)

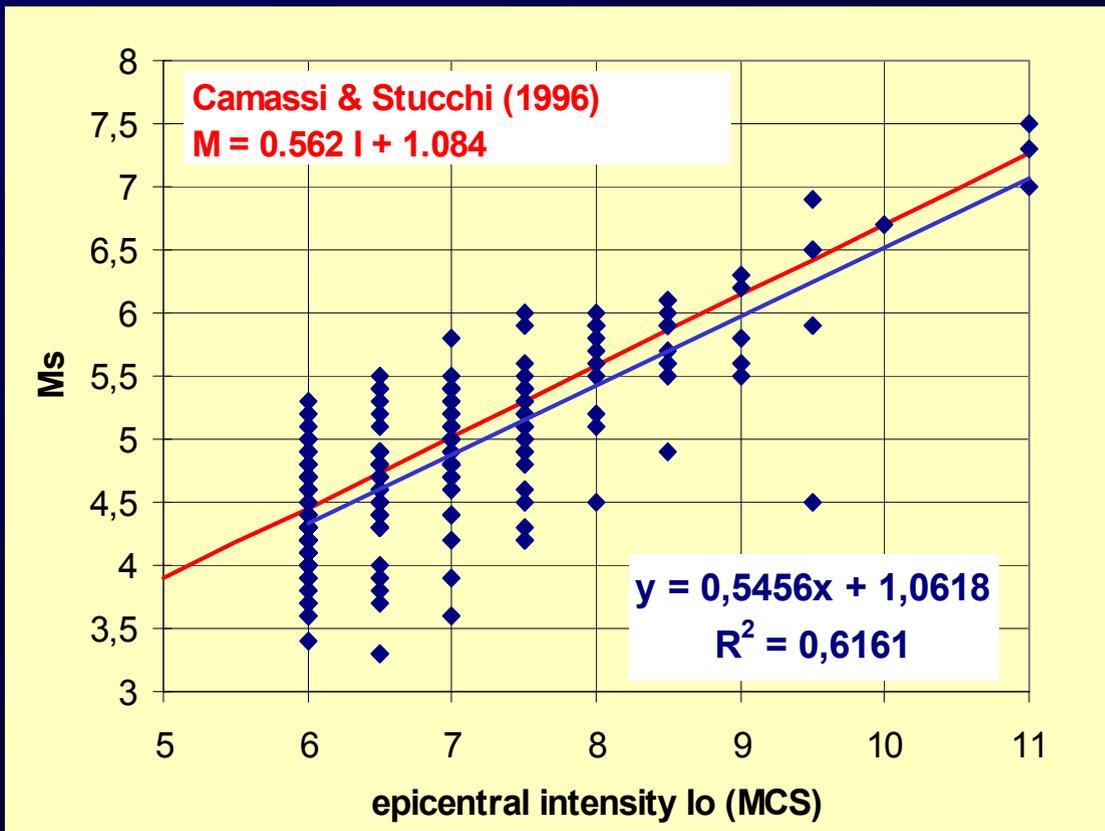
CONVERSIONE I/M

gli eventi più antichi sono riportati solo in intensità e quelli più recenti solo in magnitudo; bisogna stabilire una relazione matematica tra queste due grandezze tenendo conto delle diverse scale di intensità (MCS, MSK, EMS) e magnitudo (ML, Ms, Mb, Mw)

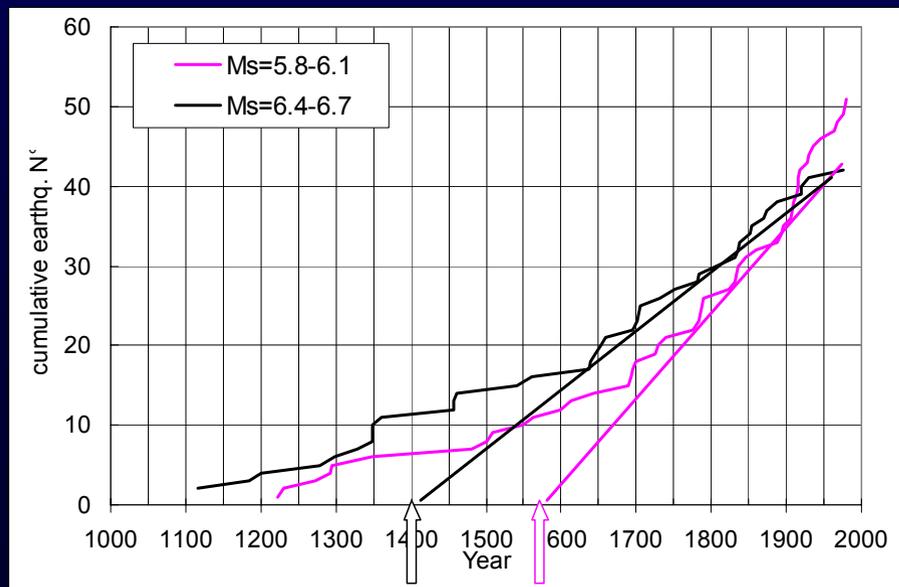
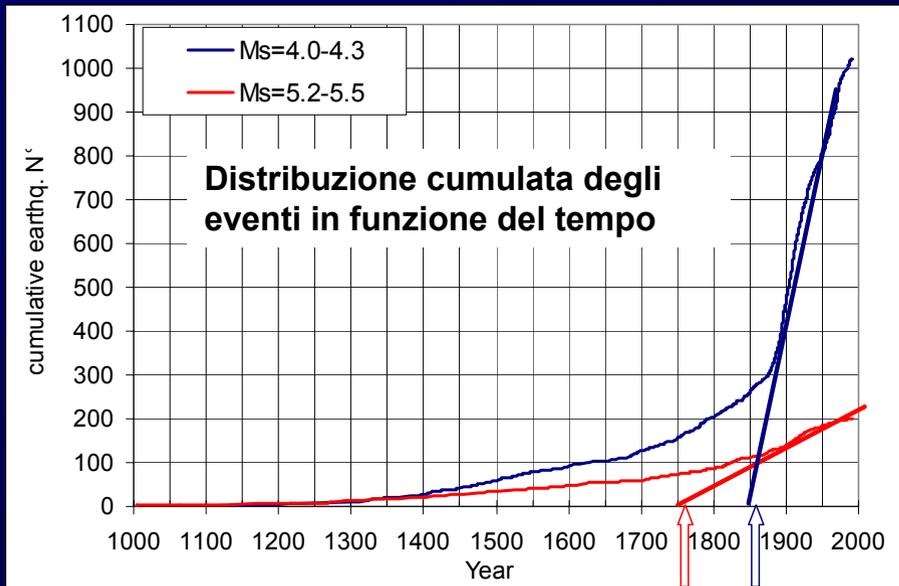
COMPLETEZZA

andando indietro nel tempo generalmente diminuisce il numero di eventi riportato in catalogo; per ogni classe di intensità/magnitudo va stabilito l’anno a partire dal quale si ritiene che il catalogo sia completo, cioè riportante tutti gli eventi effettivamente avvenuti in quel periodo storico.

Correlazioni magnitudo-intensità epicentrale M_s - I_0



Regressioni M_s - I_0 . I Dati sono relativi a 274 eventi, con $I \geq VI$ e piccola profondità (10-30 km), per cui sono disponibili sia l'intensità che la M_s .



Analisi di completezza

Il metodo maggiormente utilizzato per la stima del **periodo di completezza (T_c)** è stato proposto da Stepp (1972) e consiste nell'analizzare l'andamento nel tempo del numero cumulato di eventi registrato nel catalogo. **La stima di T_c implica un elevato livello di "giudizio esperto"**.

La diminuzione del numero di eventi del catalogo andando indietro nel tempo è dovuta a una carenza di informazioni storiche o al fatto che la sismicità non è stazionaria ?

Gutenberg & Richter (1956) hanno trovato che esiste una relazione di tipo logaritmico tra la frequenza cumulata del numero di eventi N con magnitudo $\geq M$ (estratti dal catalogo per una data zona) e la magnitudo stessa .

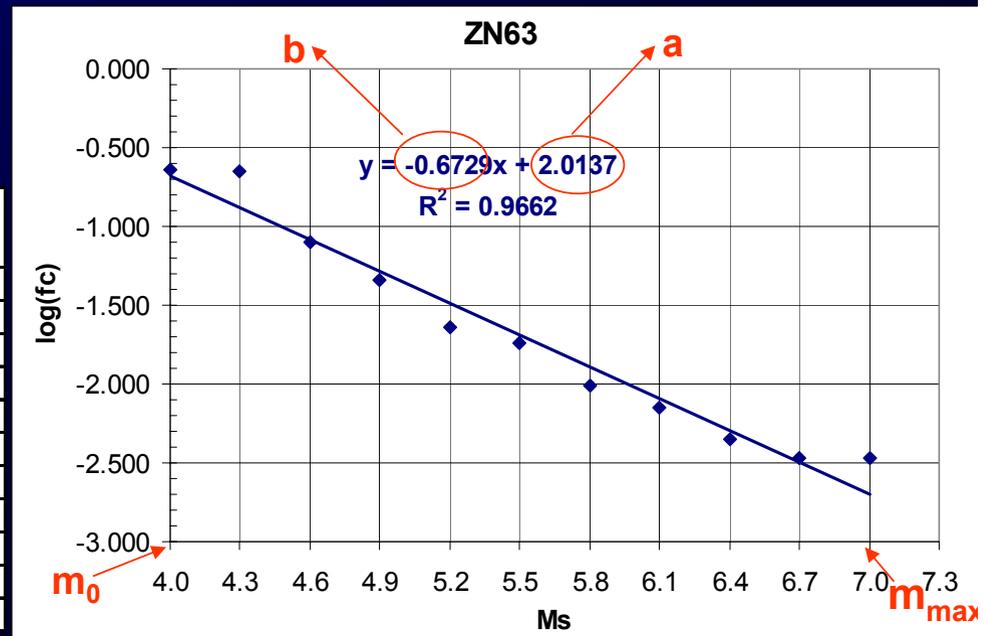
Relazione di Gutenberg Richter $\text{Log}(N) = a - bM$

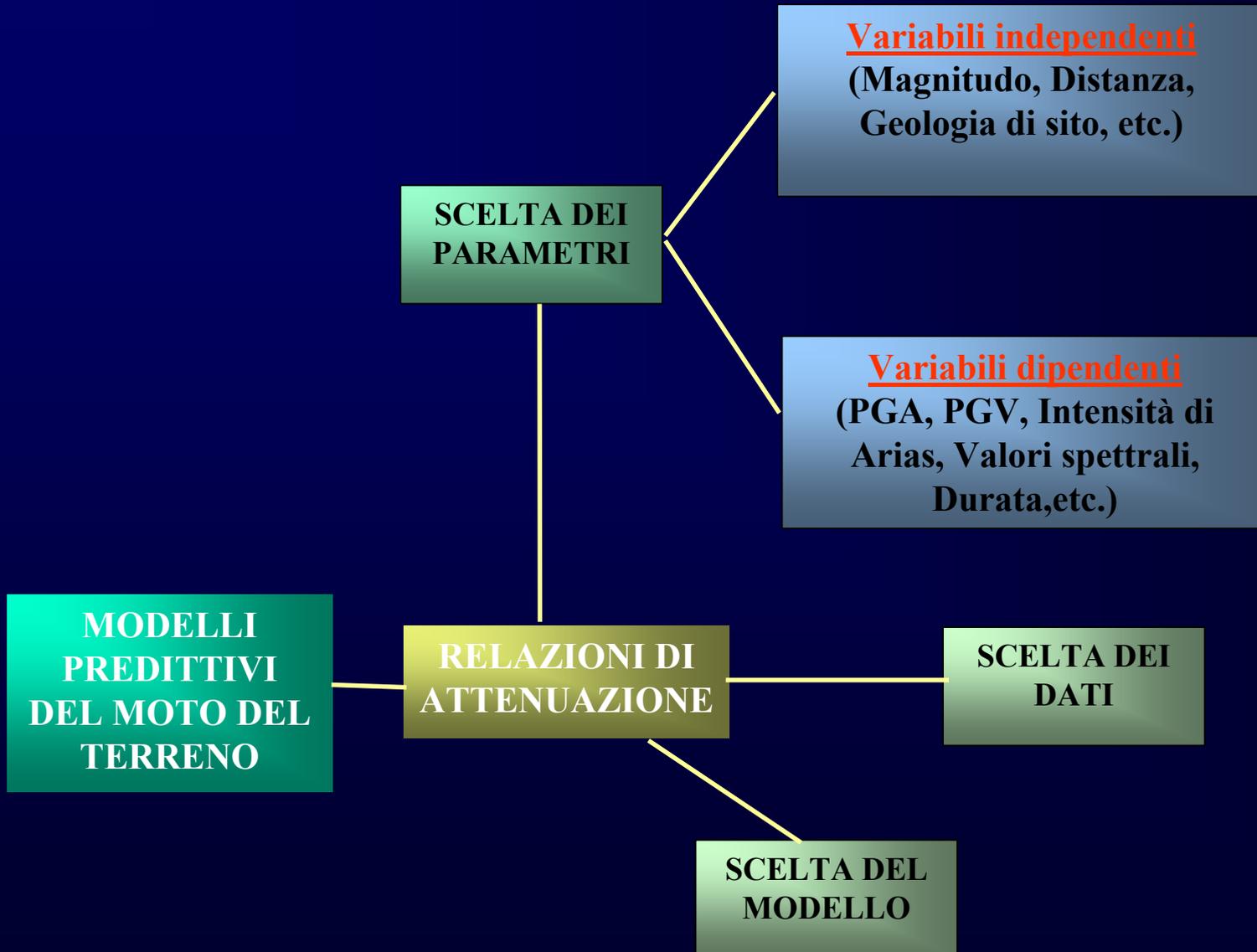
Il parametro a (N° eventi con $M \geq 0$) rappresenta la sismicità di una data zona mentre il valore del parametro b (pendenza della retta) indica il rapporto tra grandi e piccoli eventi.

$b \cong 1$ con magnitudo

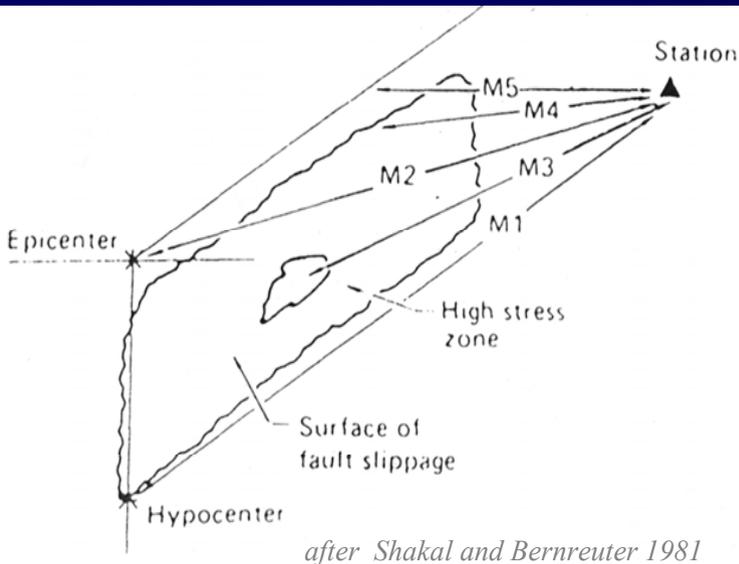
$b \cong 0.5$ con intensità

Ms	N° earthqk	Compl. Period	Time interval	fs (N/year)	fc cumulated	log (fc)
4.0	1	1860	132	0.0076	0.2308	-0.637
4.3	19	1860	132	0.1439	0.2232	-0.651
4.6	7	1780	212	0.0330	0.0793	-1.101
4.9	5	1780	212	0.0236	0.0462	-1.335
5.2	1	1760	232	0.0043	0.0227	-1.645
5.5	2	1760	232	0.0086	0.0183	-1.737
5.8	1	1610	382	0.0026	0.0097	-2.012
6.1	1	1610	382	0.0026	0.0071	-2.149
6.4	1	1100	892	0.0011	0.0045	-2.348
6.7	0	1100	892	0.0000	0.0034	-2.473
7.0	3	1100	892	0.0034	0.0034	-2.473





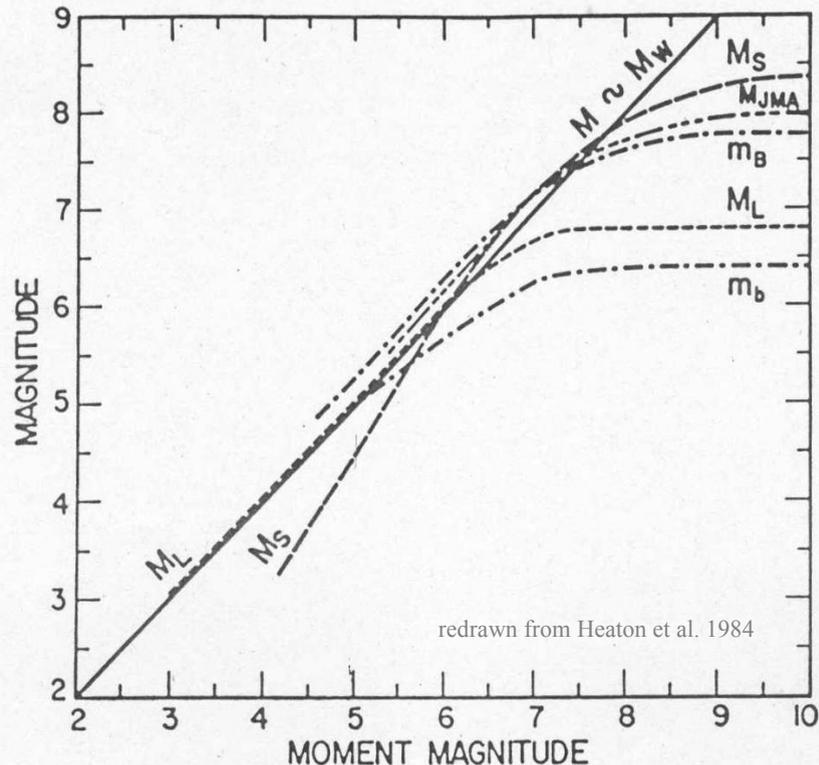
DEFINIZIONI DI DISTANZA



Distance Measures (from recording station)

- M1 - Hypocentral
- M2 - Epicentral
- M3 - Dist. to energetic zone
- M4 - Dist. to slipped fault
- M5 - Dist. to surface projection of fault

DEFINIZIONI DI MAGNITUDO



- M_W magnitudo momento
- M_S magnitudo onde superf
- M_{JMA} Japan Met. Ag.
- m_B mag.body-wave lungo per.
- M_L mag. locale (Richter)
- m_b mag.body-wave corto per.

1. Parametro descrittivo

- PGA
- PGV
- valori spettrali
- intensità di Arias
- durata

2. Scelta componenti orizzontali

- valore max
- valore medio
- composizione quadratica
- entrambe le componenti

3. Processamento degli accelerogrammi

- dati non-corretti (solo PGA)
- dati corretti
 - registrazioni analogiche o digitali (rumore introdotto dallo strumento e dalla digitalizzazione)
 - algoritmo di filtraggio
 - scelta delle frequenze di filtraggio

DATA SELECTION

(after Campbell, 1985)

Once the dependent and independent parameters have been selected, a data base must be chosen. Selection criteria should be established to insure that minimum standards of quality and consistency are met. If this is not done, biases will be introduced into the analyses, resulting in increased scatter in the predictions. Significant bias and scatter can be largely avoided if records are selected to represent (1) tectonic provinces of similar attenuation and source characteristics, (2) recording instruments of similar response characteristics, (3) consistent and accurate record-processing techniques, and (4) consistent definitions of strong-motion, earthquake, path, site, and structure parameters. Data should be selected to represent the range of parameters for which predictions are to be made. Inclusion of data outside this range can also result in increased bias and scatter in the predictions. Another potential source of bias arises when independent variables are statistically correlated.

Selezione dei dati effettuata per la relazione di attenuazione valida per l'Italia (Sabetta & Pugliese 1987)

- terremoti di magnitudo maggiore di 4.5 registrati almeno da 2 stazioni;
- terremoti con un incertezza nella determinazione epicentrale minore di 5 km;
- terremoti con un incertezza nella determinazione della magnitudo minore di 0.3;
- accelerogrammi registrati dallo stesso tipo di strumenti e su terreno libero.

SCelta DEL MODELLO

In generale la forma funzionale adottata per modellare l'attenuazione è del tipo seguente

$$f(y) = a + f_1(M) + f_2(R) + f_3(S) \pm \varepsilon$$

dove y è il parametro da stimare M è la magnitudo, R è la distanza, S è una variabile che rappresenta le caratteristiche geologiche del sito, ε rappresenta l'incertezza della stima.

$$f(y) = \log y ; \quad f_1(M) = b M ; \quad f_2(R) = c \log R.$$

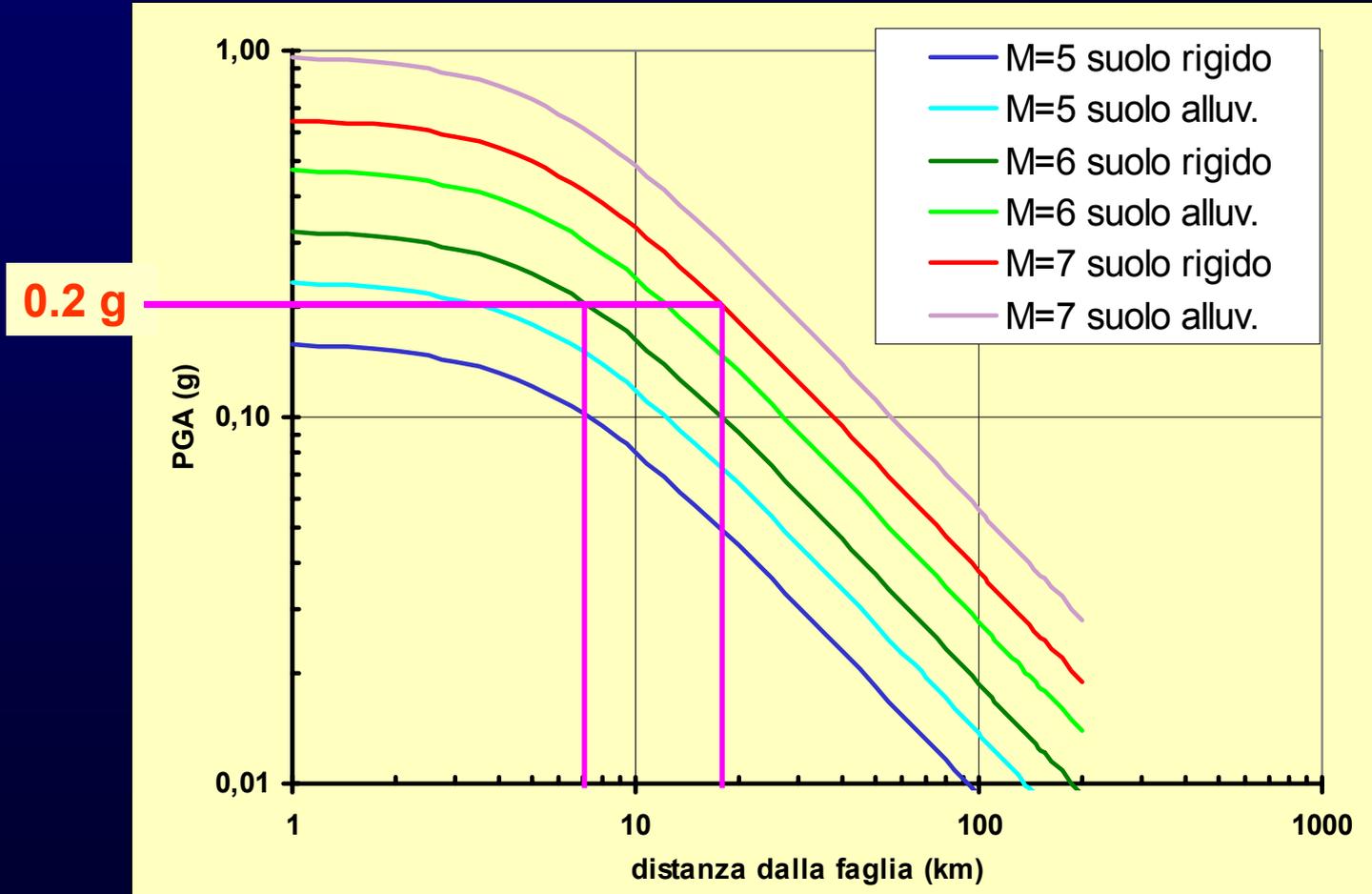
Modello matematico utilizzato per la relazione di attenuazione italiana (Sabetta e Pugliese, 1996); i coefficienti in rosso vengono stimati attraverso una regressione non lineare.

$$\log (Y) = a + b M - \log (R^2 + h^2)^{1/2} + e_1 S_1 + e_2 S_2 \pm \sigma$$

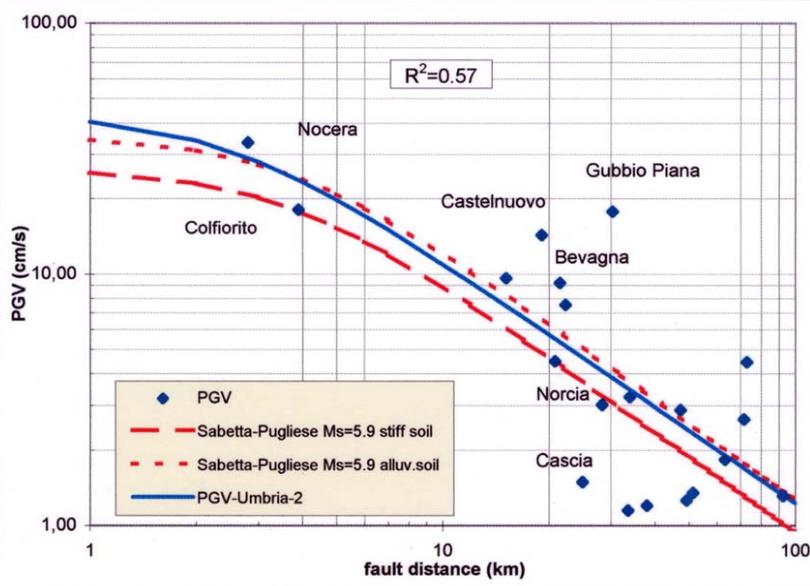
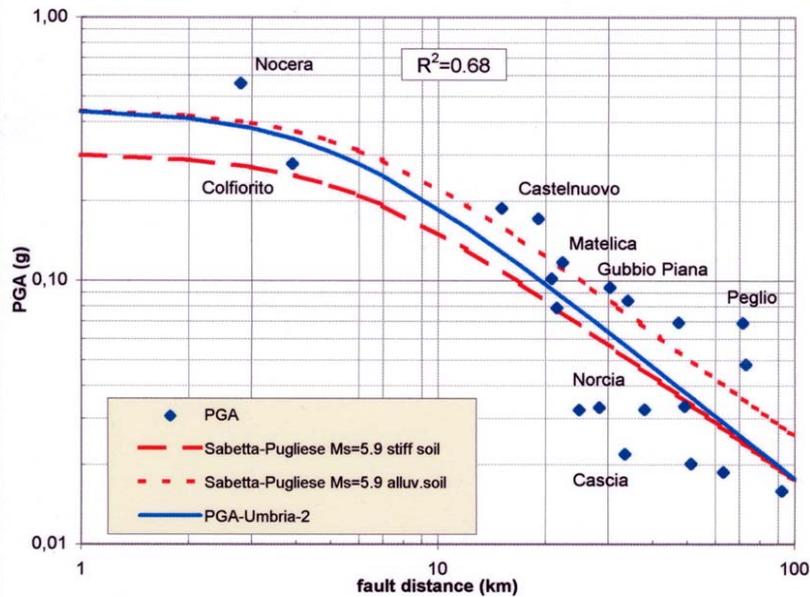
S_1 $\left\{ \begin{array}{l} = 1 \text{ per siti alluv.} \\ \text{sottili} \\ = 0 \text{ altrimenti} \end{array} \right.$

S_2 $\left\{ \begin{array}{l} = 1 \text{ per siti alluv.} \\ \text{profondi} \\ = 0 \text{ altrimenti} \end{array} \right.$

Relazione di attenuazione del picco di accelerazione del terreno (PGA) valida per l'Italia (Sabetta e Pugliese, 1996)



0.2 g



Relazione di attenuazione del PGA valida per l'Italia (Sabetta e Pugliese, 1996)

Attenuazione del PGA e del PGV

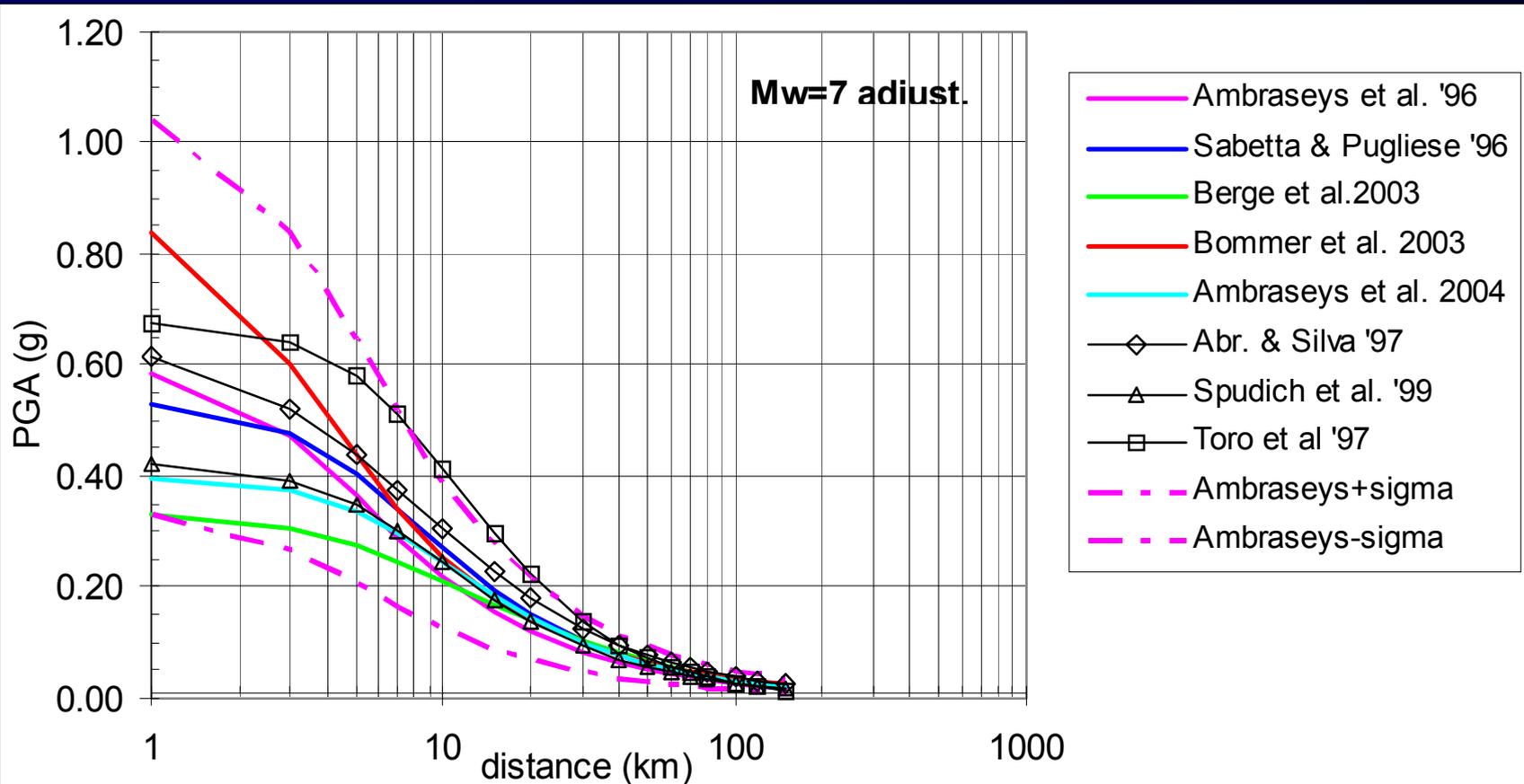
Terremoto Umbria-Marche
26 Settembre 1997 - ore 11.40 Ms=5.9

Relazioni di attenuazione maggiormente utilizzate a livello internazionale

N°		R-range type.	M-range type	Rock defined as	Style of faulting	H comp.	f-range sp.values	N° recs.	Area
1	Ambraseys et al. EESD (1996)	0-260 km R_{jb} ($M_s > 6$) R_{epi} ($M_s \leq 6$)	4.0-7.3 M_s	$V_s > 750$ m/s	strike-slip 18% normal 33% reverse 49%	larger envelope	0.5 -10 Hz	422	Europe Middle East 1969-1994
2	Sabetta & Pugliese BSSA (1996)	1.5-180 km R_{jb}	4.6-6.8 $M_s (> 5.5)$ $ML (\leq 5.5)$	$V_s > 800$ m/s	strike-slip 7% normal 49% reverse 44%	larger PGA	0.25-25 Hz	95	Italy 1976-1984
3	Berge-Thierry et al. JEE (2003)	5-100 km R_{hyp}	4.5-7.3 M_s	$V_s > 800$ m/s	strike-slip 20% normal 45% reverse 35%	both	0.1 -33 Hz	485	Europe California (17%) 1952-1997
4	Ambraseys et al. BEE (2005)	1-100 km R_{jb} ($M_s > 6$) R_{epi} ($M_s \leq 6$)	5.0-7.6 M_w	$V_s > 750$ m/s	strike-slip, normal thrust, odd (scale fact. incl.)	larger envelope	0.4 -20 Hz	595	Europe Middle East 1973-2003
5	Akkar & Bommer EESD (2007)	1-100 km R_{jb}	5.0-7.6 M_s	$V_s > 750$ m/s	strike-slip, normal, reverse (scale fact. incl.)	geom. mean	0.25 -20 Hz	532	Europe Middle East 1973-2003
6	Abrahamson & Silva SRL (1997)	0.1-220 km R_{rup}	4.5-7.5 M_w	$V_s > 600$ m/s	strike-slip, reverse (scale fact. incl.)	geom. mean	0.2 -100 Hz	655	Worldwide (90% WNA) 1940-1994
7	Spudich et al. BBSA (1999)	0-100 km R_{jb}	5.1-7.2 M_w	$V_s > 620$ m/s	strike-slip 55% normal 45%	geom. mean	0.5 -10 Hz	142	Worldwide (62% WNA) extensional 1972-1995
8	Boore and Atkinson NGA (2008)	0 - 400 km R_{jb}	4.2-7.9 M_w	NEHRP site class	strike-slip, normal, reverse (scale fact. incl.)	geom. mean	0.1-100 Hz	1574.	World (NGA), mainly WNA and Taiwan 1940-2007

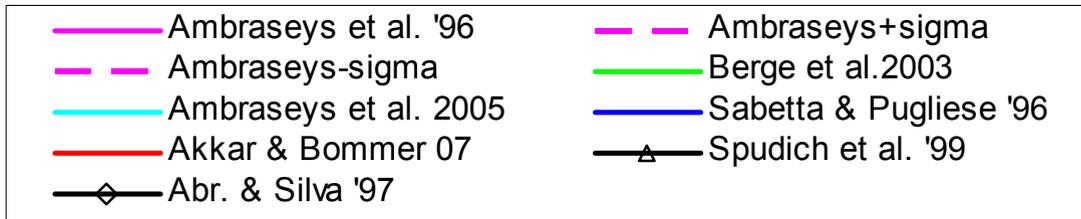
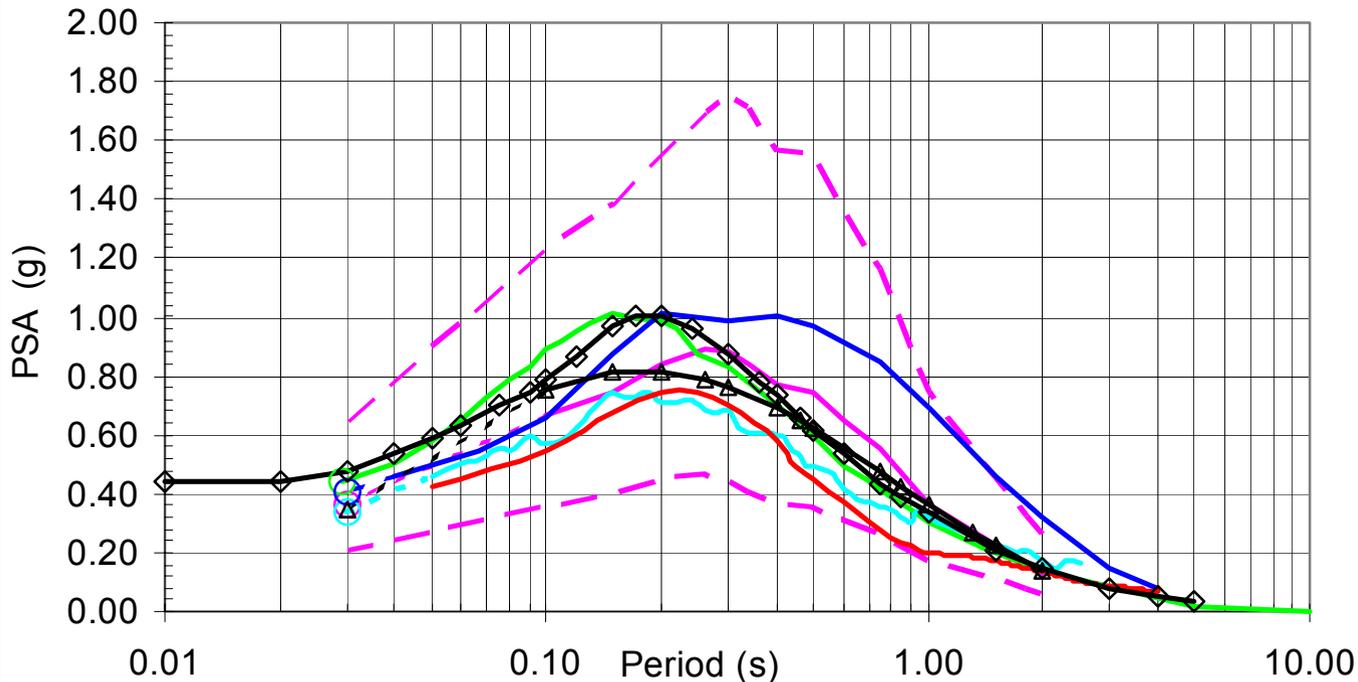
Relazioni di attenuazione maggiormente utilizzate a livello internazionale

Mw=7, sito=roccia, faglia= strike-slip



Relazioni di attenuazione maggiormente utilizzate a livello internazionale

Mw=7, R= 5 km, sito=roccia, faglia= strike-slip



SPETTRI DI
RISPOSTA

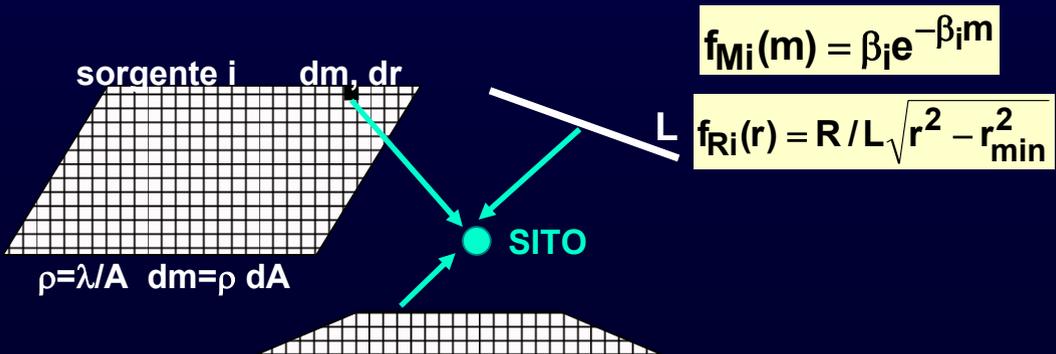
Implica un'operazione di integrazione su tutte le possibili magnitudo e distanze di zone sismogenetiche circostanti per calcolare la frequenza con cui si verifica un determinato valore di scuotimento del terreno (ad es. PGA) nel sito in esame. In particolare la probabilità di eccedenza di un valore y^* del moto del terreno in è data da:

$$P[Y > y^*] = \int_{m_0}^{m_{\max}} \int_{r_{\min}}^{\infty} P[Y > y^* | m, r] \cdot f_M(m) \cdot f_R(r) \cdot dm dr$$

dove $P[Y > y^* | m, r]$ è la probabilità, ottenuta dall'attenuazione, che un terremoto di magnitudo m e distanza r porti al superamento del valore y^* del moto del terreno, $f_M(m)$ è la PDF della magnitudo (relazione Gutenberg-Richter) e $f_R(r)$ è la PDF della distanza tra il sito in esame e la sorgente considerata. Se il sito in esame si trova in una zona dove vi sono N sorgenti, ciascuna con una probabilità di eccedenza della magnitudo data da $\lambda_{mi} = \exp(\alpha_i - \beta_i m)$ la probabilità totale si ottiene sommando sulle sorgenti:

$$P[Y > y^*] = \sum_{i=1}^N \lambda_{mi} \int_{m_0}^{m_{\max}} \int_{r_{\min}}^{\infty} P[Y > y^* | m, r] \cdot f_{Mi}(m) \cdot f_{Ri}(r) \cdot dm dr$$

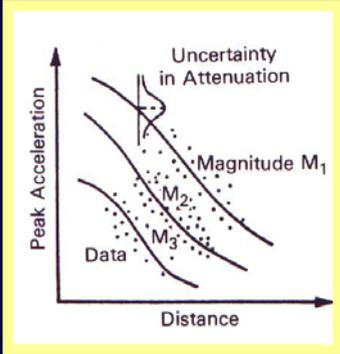
Questo integrale viene normalmente calcolato per via numerica utilizzando uno dei numerosi programmi disponibili per il calcolo della pericolosità, quali ad esempio **SEISRISK III** (Bender & Perkins, 1987) o **CRISIS** (Ordaz et al., 2007)



Immaginiamo che per il sito situato ad una distanza r_1 dalla sorgente 1 venga selezionato un valore di PGA pari a 0.2 g. La magnitudo corrispondente a tale livello di accelerazione si ricava invertendo la legge di attenuazione

$$\log(\text{PGA}) = c_1 + c_2 M - c_3 \log(r^2 + h_0^2)^{\frac{1}{2}}$$

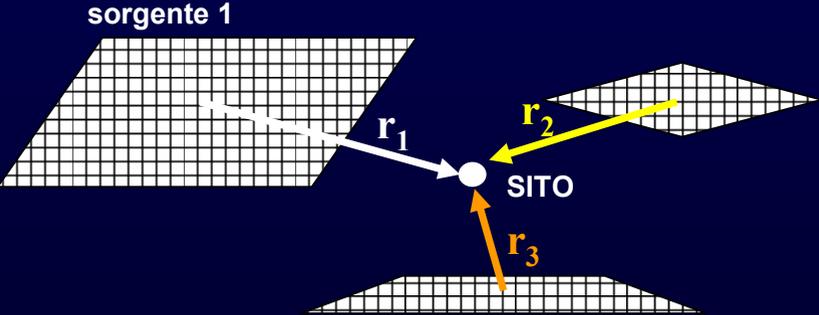
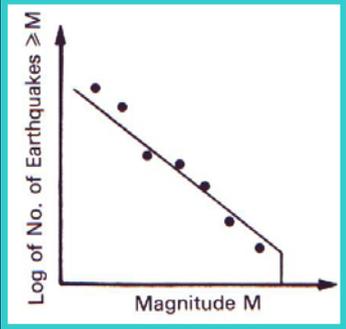
$$M_{0.2} = \frac{1}{c_2} \left[\log(0.2) - c_1 + \frac{c_3}{2} \log(r_1^2 + h_0^2) \right]$$



La frequenza cumulata dei terremoti di tale magnitudo si ricava dalla relazione di ricorrenza per la sorgente 1

$$\log(\lambda) = a - b.M$$

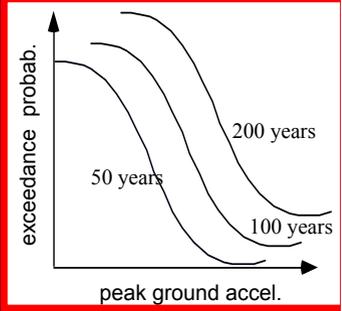
$$\lambda_1(0.2) = 10^a \cdot 10^{-b M_{0.2}}$$



Ripetendo il processo per le diverse sorgenti e per diversi valori di PGA si ottiene la probabilità di eccedenza in base alla distribuzione di Poisson

$$P(a > a_i, t) = 1 - e^{-\lambda t}$$

$t =$ periodo di esposiz.
 $\lambda =$ freq. cumulata



Output del prog. SeisRisk III per un sito del sud Italia

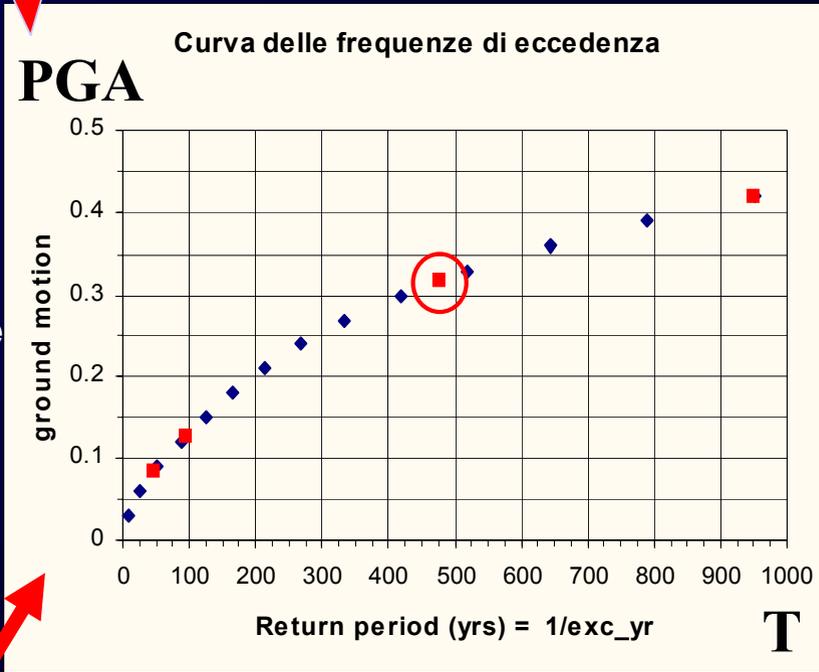
PGA	Freq. Annu	λ Freq. Cumulata	$T=1/\lambda$ per. ritorno (anni)
0,27	0,00073	0,00300	333,3
0,30	0,00060	0,00239	418,4
0,33	0,00047	0,00193	518,1
0,36	0,00037	0,00155	645,2

$$P(a > a_i, t) = 1 - e^{-\lambda t} = 1 - e^{-t/T}$$

t = periodo di esposiz.
 λ = freq. cumulata
 T = periodo di ritorno

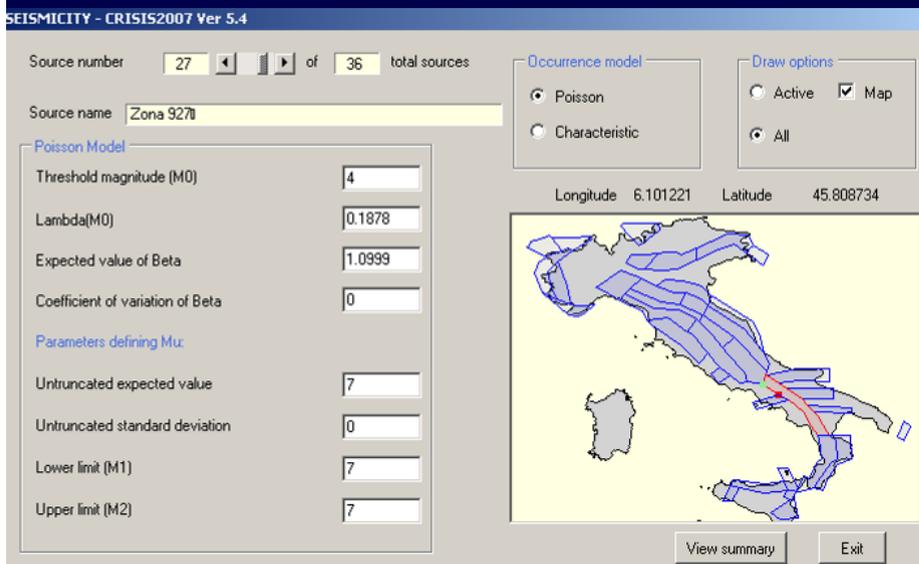
Distribuzione esponenziale

P. ecc.	t tempo esp. (anni)	T per. Rit. (anni)	PGA
10%	5	47	0,086
10%	10	95	0,127
10%	50	475	0,318
10%	100	949	0,419



$$0.1 = 1 - e^{-50/475}$$

$$0.63 = 1 - e^{-1}$$



L'applicativo CRISIS viene distribuito gratuitamente (freeware) dagli autori (Prof. Ordaz dell'Università del Messico).

E' caratterizzato da una interfaccia grafica che rende particolarmente semplice la gestione dei dati input/output

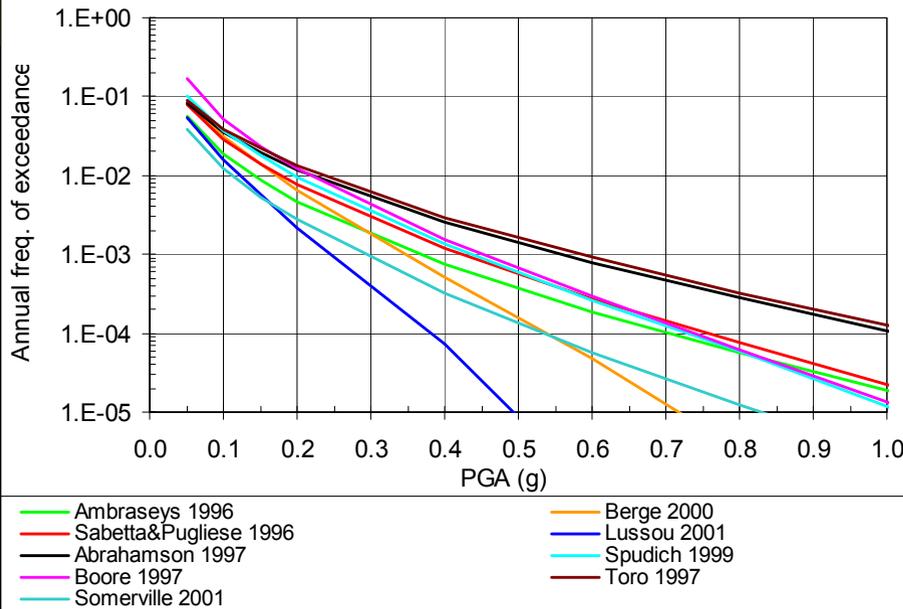
INPUT:

1. Coordinates of the site or grid of sites
2. Coordinates of seism. zones.
3. λ_0 , β , M_0 , and M_{max} for each zone.
4. Attenuation relations (tabular form)
5. Type and number of values for which PSHA has to be computed.
6. Desired return periods.
7. Parameters controlling the spatial integration process (triangulation)

OUTPUT:

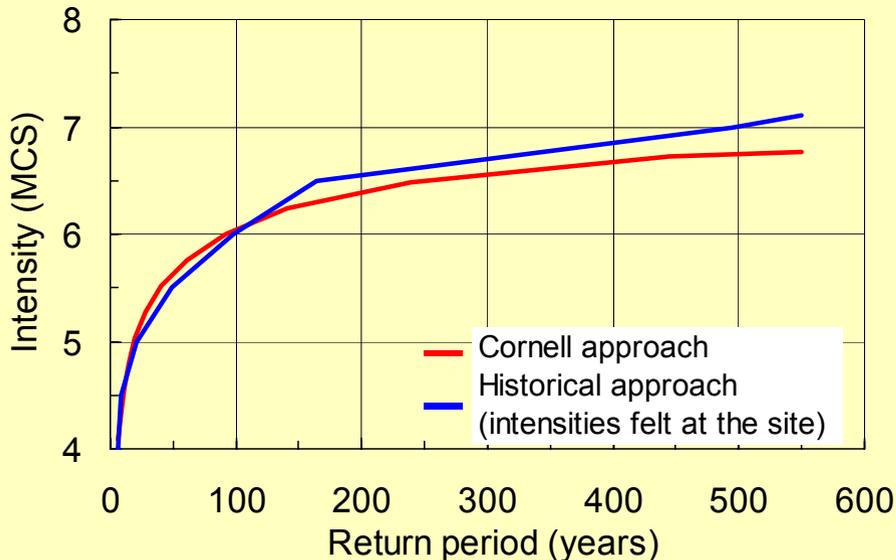
1. Result file (*.res).
 2. Graphics file (*.gra).
 3. Map file (*.map).
 4. FUE file (*.fue).
 5. DES file (*.des).
- File characteristics described in the help-on-line.

Curve di Pericolosità



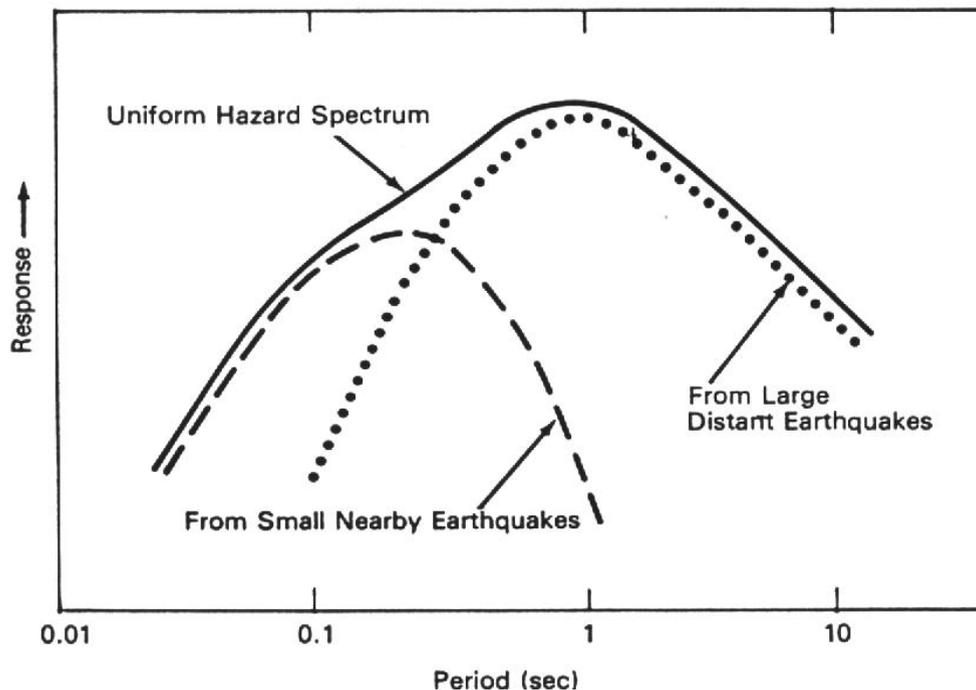
Il primo risultato di uno studio di pericolosità per un sito singolo è rappresentato dalle **curve di pericolosità**, che mostrano l'andamento del parametro considerato, in funzione della **probabilità annua di superamento** o del **periodo di ritorno**.

Curve di pericolosità in PGA per il comune di Rosarno (RC) relativamente a diversi modelli di attenuazione



Curve di pericolosità per il centro storico di Roma in termini di intensità macrosismica in funzione del periodo di ritorno (Sabetta & Paciello, 1995).

Il risultato più utilizzato (attualmente anche fini normativi) degli studi di pericolosità sono gli *Spettri a pericolosità uniforme (UHS)*



Schematic sketch of uniform hazard spectrum in which the contributions to hazard at shorter and longer periods come from different sources (after Reiter, 1990).

The way to obtain a Uniform **Hazard Spectrum (UHS)** is to perform the hazard assessment many times using **period-dependent attenuation equations for response spectral ordinates**.

An important feature of the UHS, is that **it does not correspond to the expected movement from a single earthquake**. In many cases the UHS is actually an envelope of the spectra corresponding to different source zones, for example to areas of small magnitude earthquakes and more distant areas with larger events.

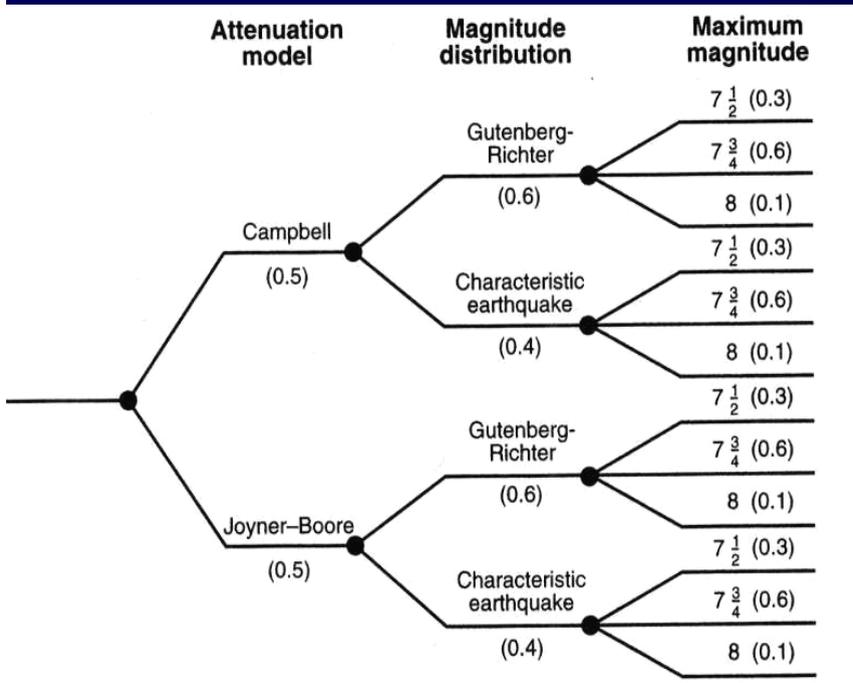
The **ordinates of UHS may be largely independent of each other**. In this figure the 0.1 sec. response of UHS is dominated by contributions from small, nearby earthquakes, while the 1 sec. response is dominated by large distant earthquakes.

Le stime di pericolosità sono caratterizzate da un notevole livello di incertezza. E' prassi comune nel mondo scientifico distinguere tra due tipi di incertezza:

INCERTEZZA EPISTEMICA

Dovuta alla mancanza di conoscenza; soggettiva; può essere ridotta con l'acquisizione di nuovi dati.

ESEMPLI: l'accusato è innocente o colpevole? Esiste Dio? Esiste la vita sul pianeta Marte?



Esempi di incertezza epistemica nella pericolosità sono: la zonazione sismogenetica, la scelta della magnitudo massima, la scelta di una relazione di attenuazione.

Un buon modo di tener conto dell'incertezza epistemica è quello di utilizzare "panel di esperti" e alberi logici

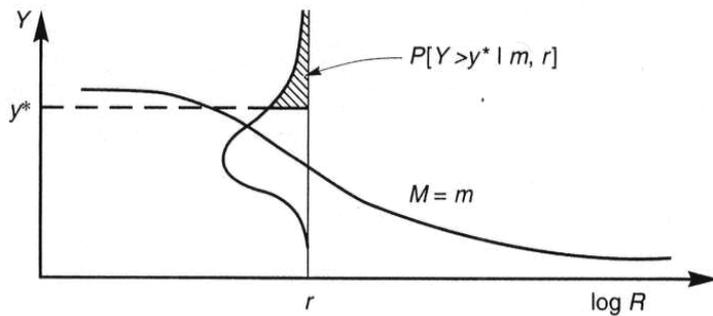
Esempio di **albero logico** per incorporare l'incertezza epistemica (Kramer, 1996).

INCERTEZZA ALEATORIA

Riflette la variabilità del risultato di un esperimento ripetibile; oggettiva; non può essere ridotta con l'acquisizione di nuovi dati.

ESEMPLI: lancio dei dadi; precipitazione giornaliera di pioggia, massima velocità del vento in un anno;

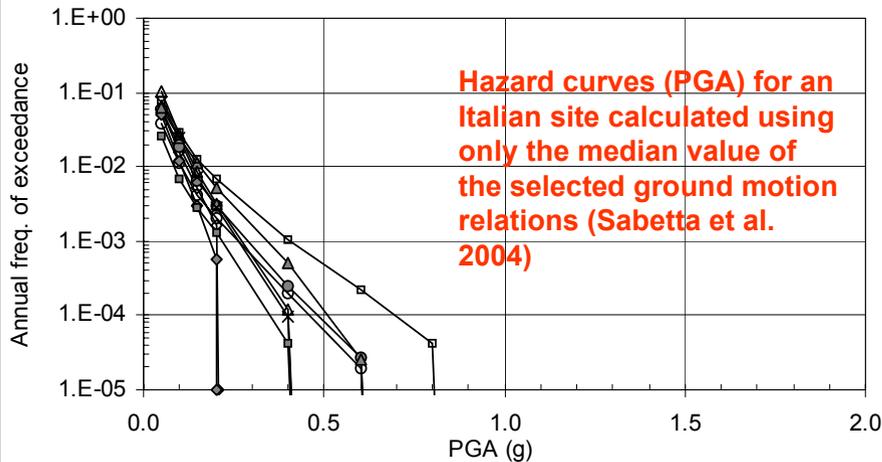
Distribuzione di probabilità; valor medio \pm deviazione standard



Schematic illustration of conditional probability of exceeding a particular value of a ground motion parameter for a given magnitude and distance.

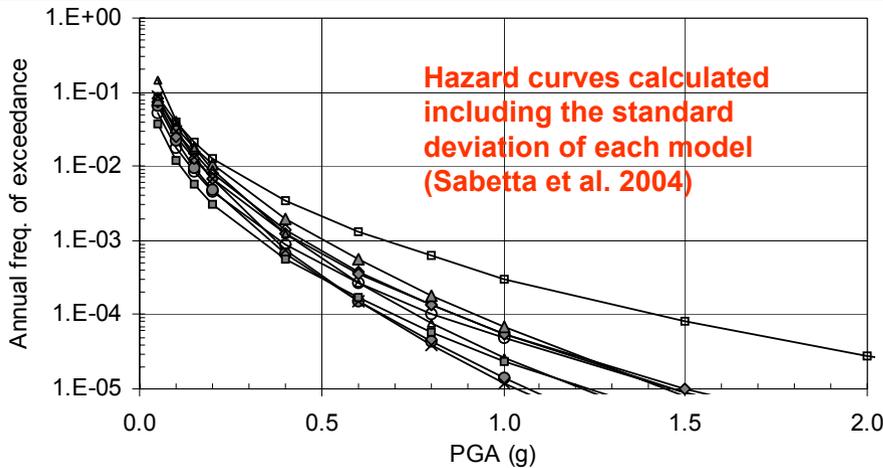
Esempio tipico di incertezza aleatoria nella pericolosità è la deviazione standard associata alle relazioni di attenuazione.

Anche se si conoscono con precisione la magnitudo e la distanza del terremoto, il valore predetto di PGA sarà sempre soggetto a incertezza.



- | | |
|--------------------------|--------------------------|
| ◆ Berge et al. 2003 | ○ Ambraseys et al. '96 |
| ● Sabetta & Pugliese '96 | ◇ Lussou et al. 2001 |
| ▲ Abr. & Silva '97 | △ Boore et al. '97 |
| × Spudich et al. '99 | ■ Somerville et al. 2001 |
| □ Toro et al. '97 | |

INCERTEZZA EPISTEMICA



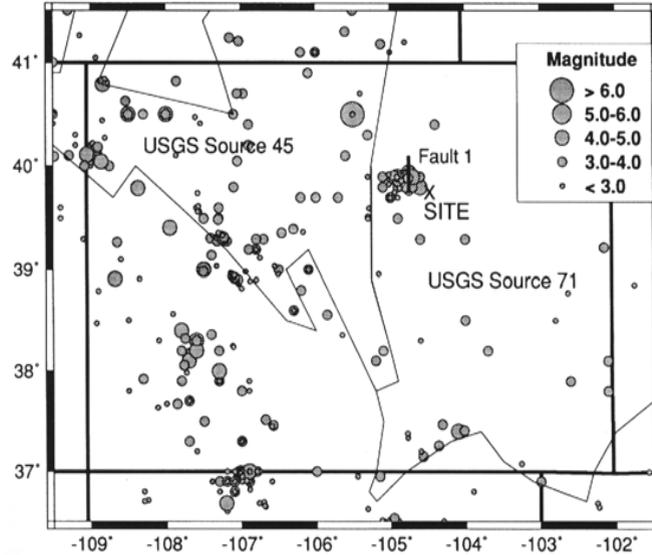
- | | |
|------------------------|--------------------------|
| ◆ Berge et al. 2003 | ○ Ambraseys et al '96 |
| ● Sabetta&Pugliese '96 | ◇ Lussou et al. 2001 |
| ▲ Abr. & Silva '97 | △ Boore et al. '97 |
| × Spudich et al. '99 | ■ Somerville et al. 2001 |
| □ Toro et al. '97 | |

INCERTEZZA ALEATORIA

For design, retrofit, **microzoning** or in general in any engineering design for which acceleration time-histories are required, an essential step is the definition of a “**design earthquake**”. The minimum information required is a **magnitude-distance pair** defining the size of the earthquake and its location respect to the site.

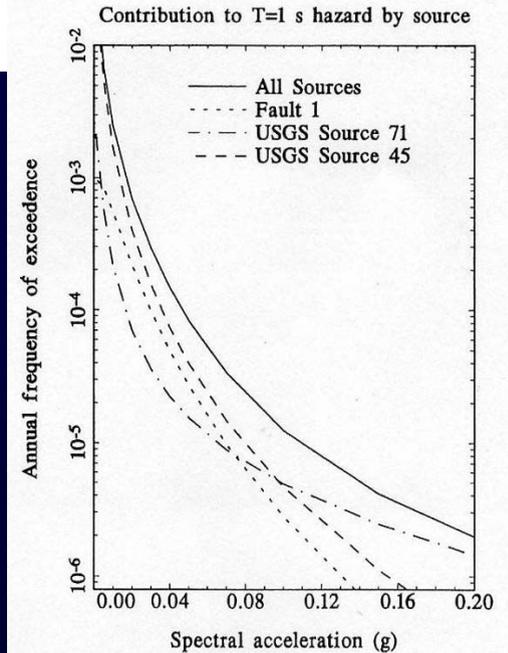
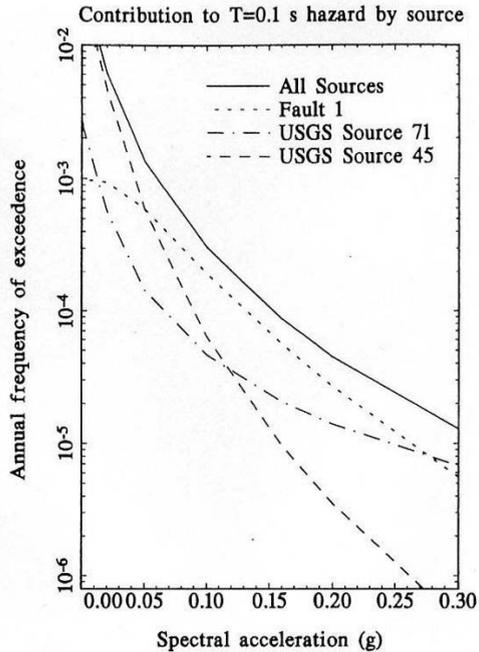
A disadvantage of PSHA is that the concept of “design earthquake” is lost because it gives the combined effect of all magnitudes and distances from different sources. Since all of the sources, magnitudes, and distances are mixed together, it is difficult to understand what is the controlling earthquake. **For example at a level of 10^{-4} per year, the PGA value could be 0.3 g. There is no indication as to whether this is associated with a nearby M=5.5 earthquake or a more distant M=7.5 event.**

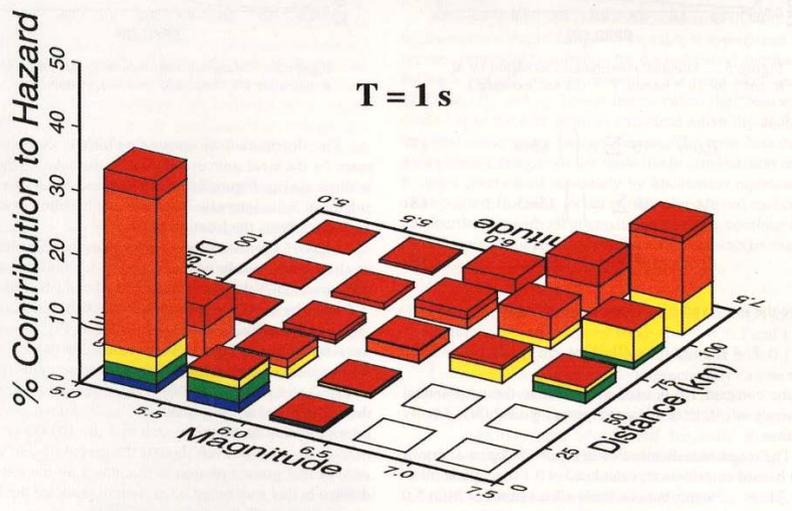
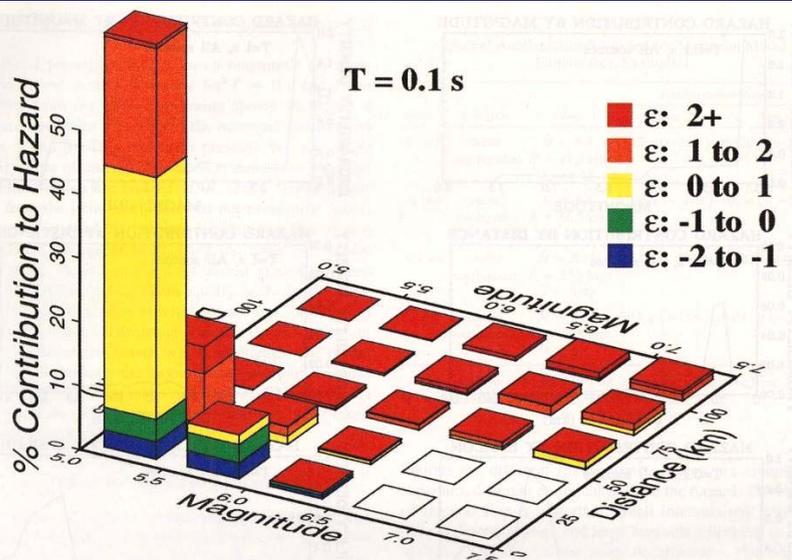
Therefore, some other criteria are required in order to select the single scenario which can be considered as most compatible with the hazard level. Several studies have addressed this problem, establishing a practice that has become known as **Deaggregation of Seismic Hazard** (Ishikawa & Kameda 1994; Chapman, 1995; McGuire, 1995; Bazzurro & Cornell, 1999).



La disaggregazione per sorgenti consente di identificare la zona che fornisce il maggior contributo alla pericolosità

Historical seismicity in Colorado (USA) with sources 71, 45 and hypothetical fault 1, around the site considered by McGuire (1995).





La disaggregazione per magnitudo e distanza consente di identificare il terremoto di scenario

I risultati sono diversi a seconda del livello di probabilità (periodo di ritorno) selezionato e del periodo spettrale (ad es. $T=0.1s.$ o $T= 1 s.$

La scelta della “larghezza dei bins” (celle) di magnitudo e distanza è critica.

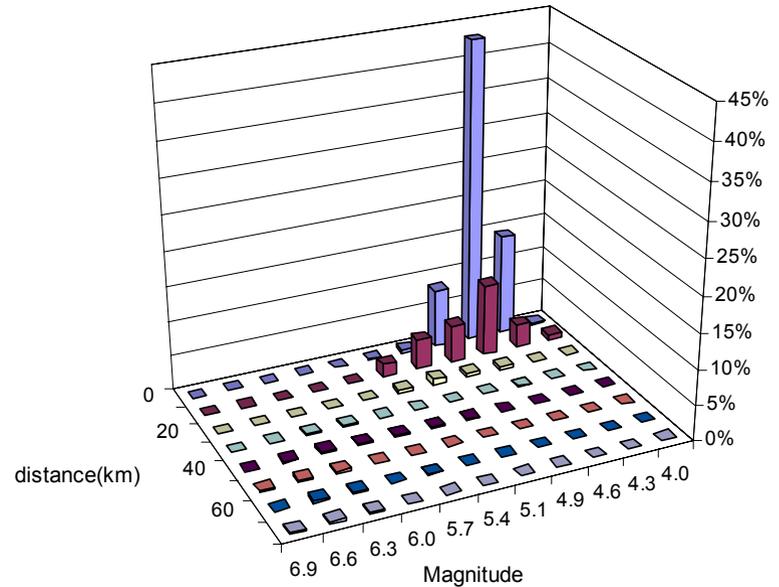
Contributions to the 10,000-year hazard at the Colorado site by M , r and ε , for the ordinate of spectral acceleration (after McGuire, 1995).

Disaggregazione della pericolosità

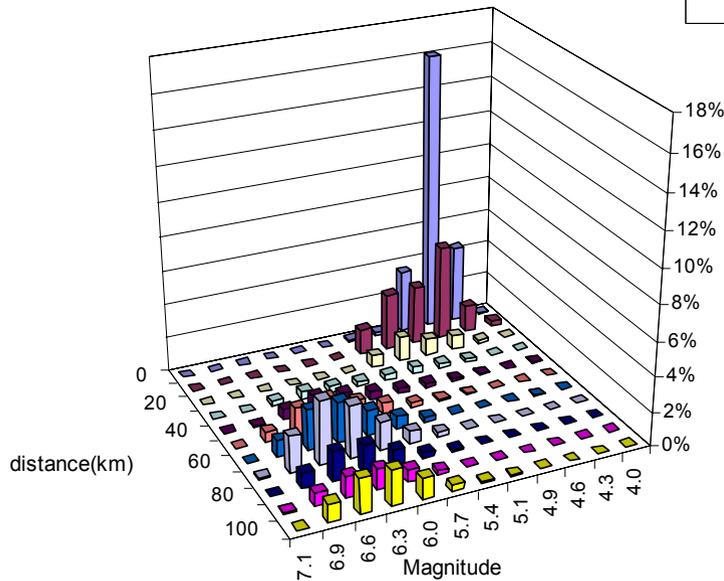


Disaggregazione della pericolosità per la città di Roma, che mostra per il PGA la prevalenza di una sorgente vicina a bassa sismicità (Colli Albani, $R=20$ km, $M_{max}=5.5$) e a lunghi periodi spettrali la comparsa di una sorgente lontana ad alta sismicità (Appennino Abruzzese, $R=85$ km, $M_{max}=7$).

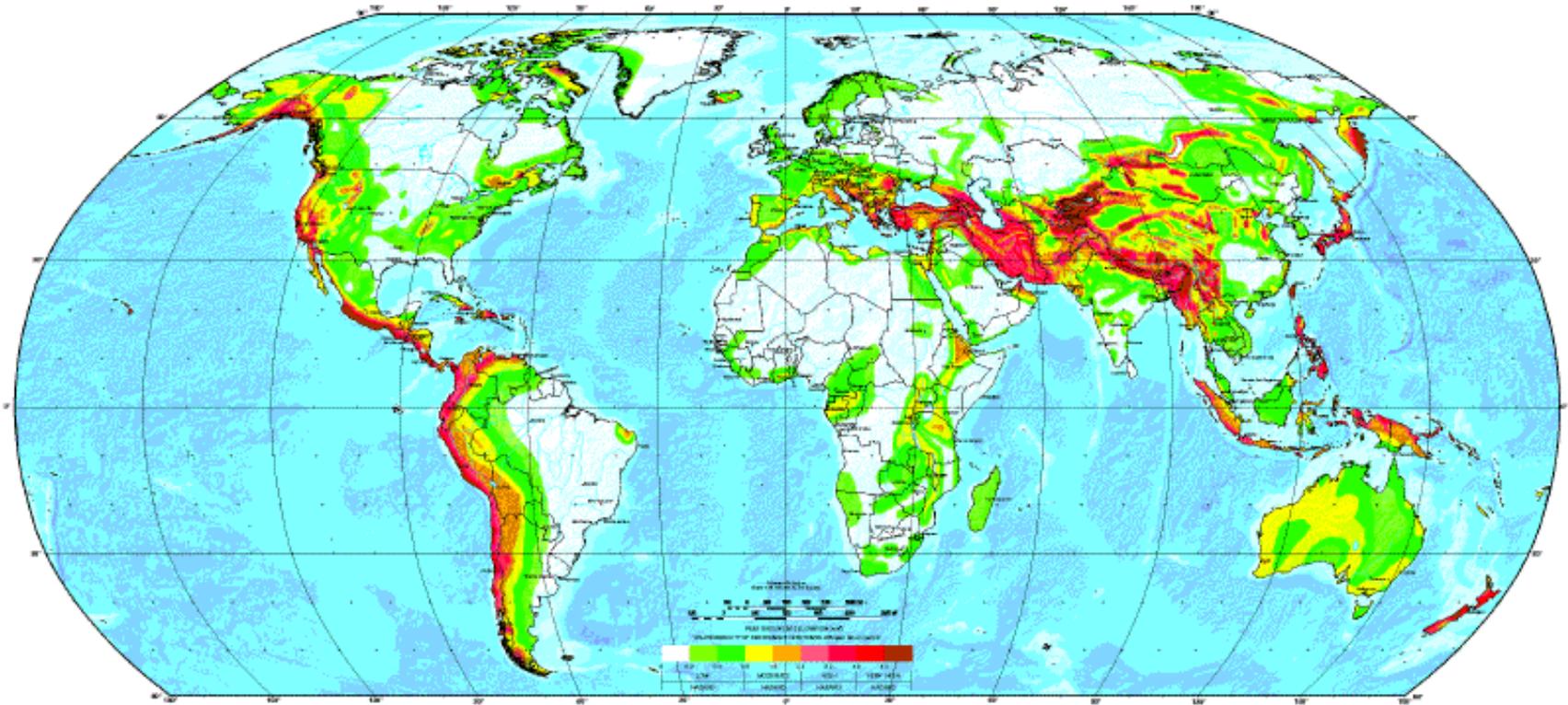
Roma PGA Tr=500 years



Roma PSA 1 sec Tr=500 years



Ripetendo il calcolo della pericolosità al sito per una griglia di punti distribuita sul territorio e interpolando con curve di livello si ottengono le mappe di pericolosità



Mappa di pericolosità a scala mondiale

Valori del PGA su sito rigido con una probabilità di superamento del 10% in 50 anni ($T_r = 475$ anni).

GSHAP 1999 (Global Seismic Hazard Assessment Project).

United Nations - International Decade for Natural Disaster Reduction

Mappe di Pericolosità (ESC-SESAME 2002)

European Seismological Commission

International Geological Correlation Program
Project no. 382: SESAME

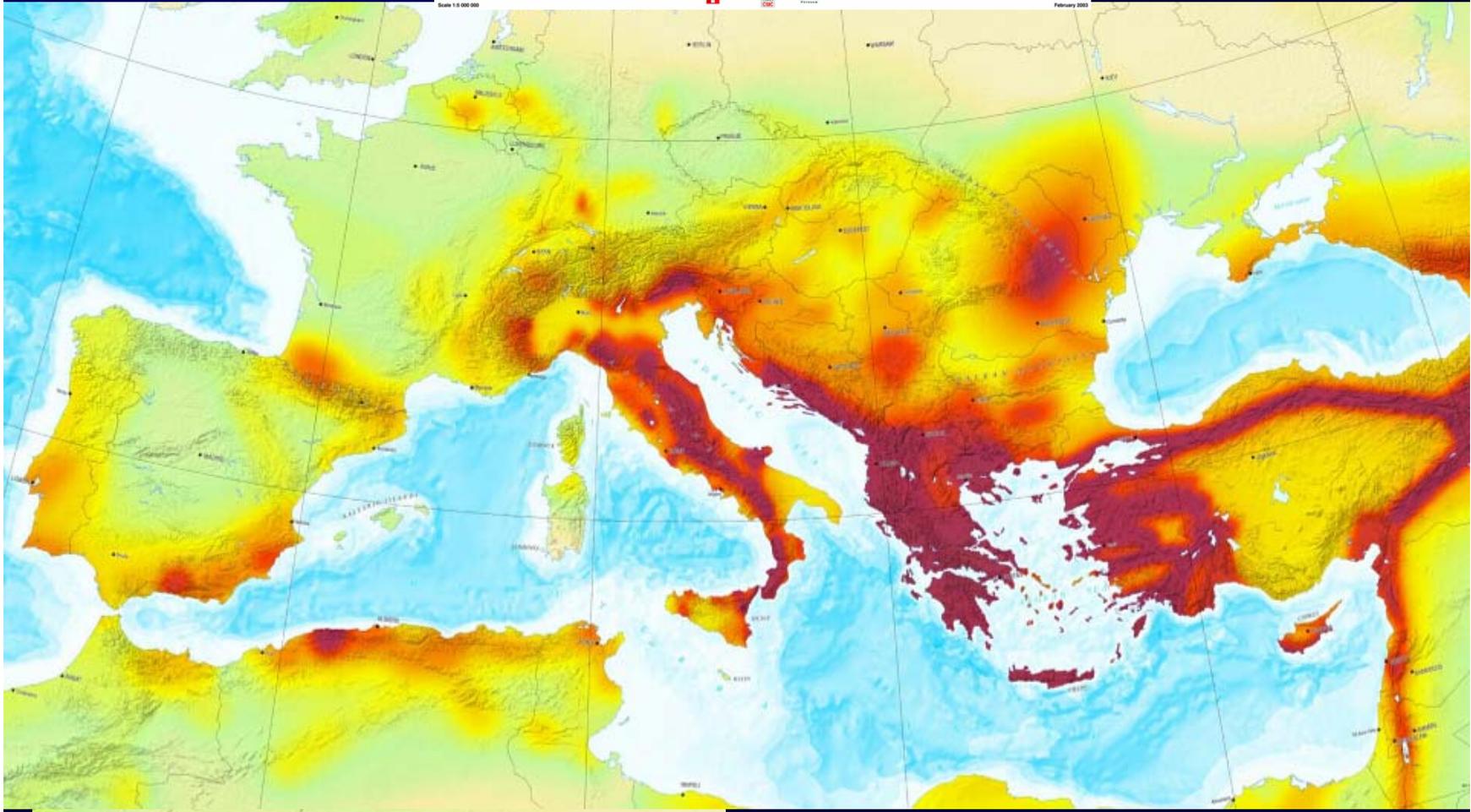
EUROPEAN-MEDITERRANEAN SEISMIC HAZARD MAP

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



G.F.Z.

February 2003



PEAK GROUND ACCELERATION (g-units)
10% Probability of Exceedance in 50 years (475-year Return Period)

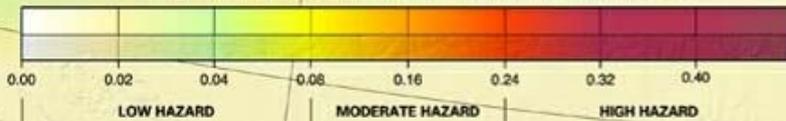
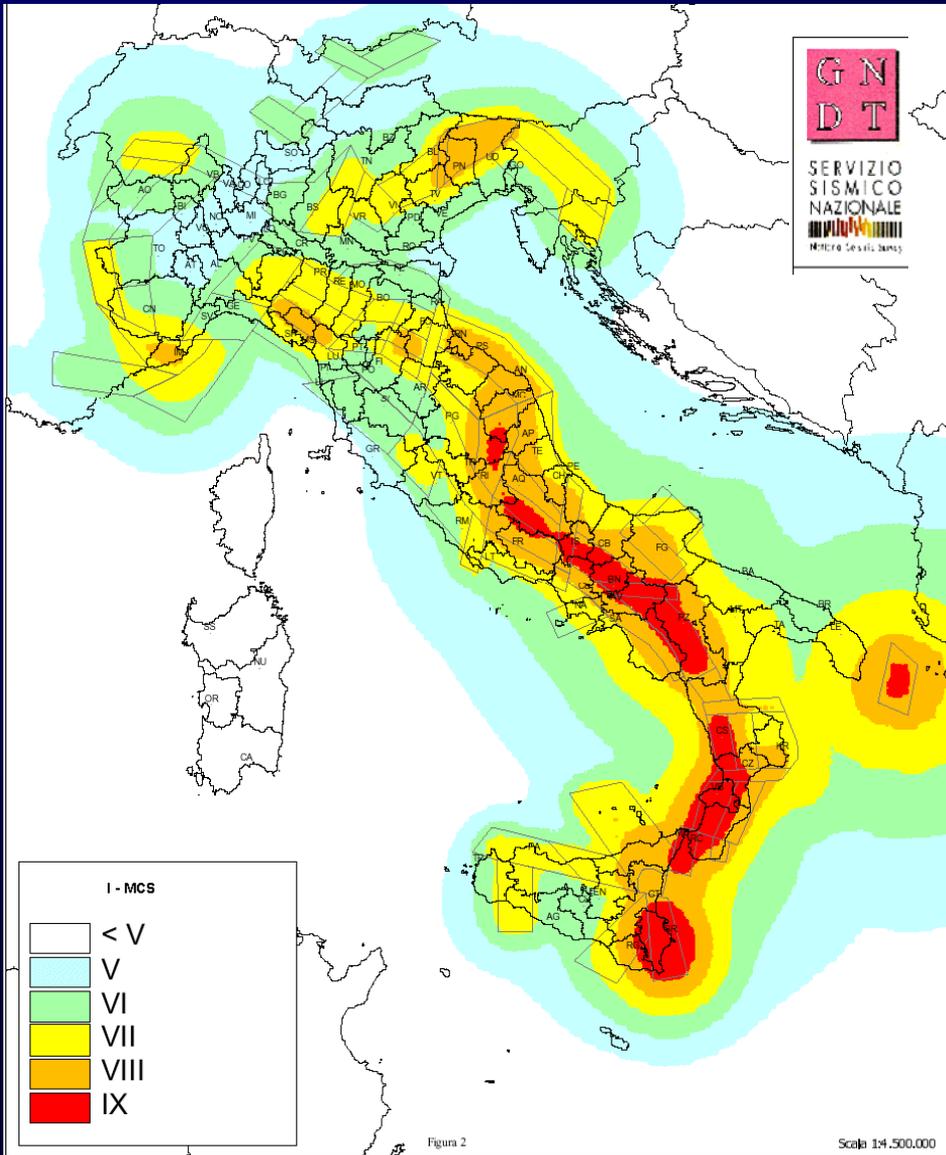


Figure 2: ESC-SESAME European-Mediterranean seismic hazard map for peak ground acceleration [g] with 10% probability of exceedance in 50 years for stiff soil condition.



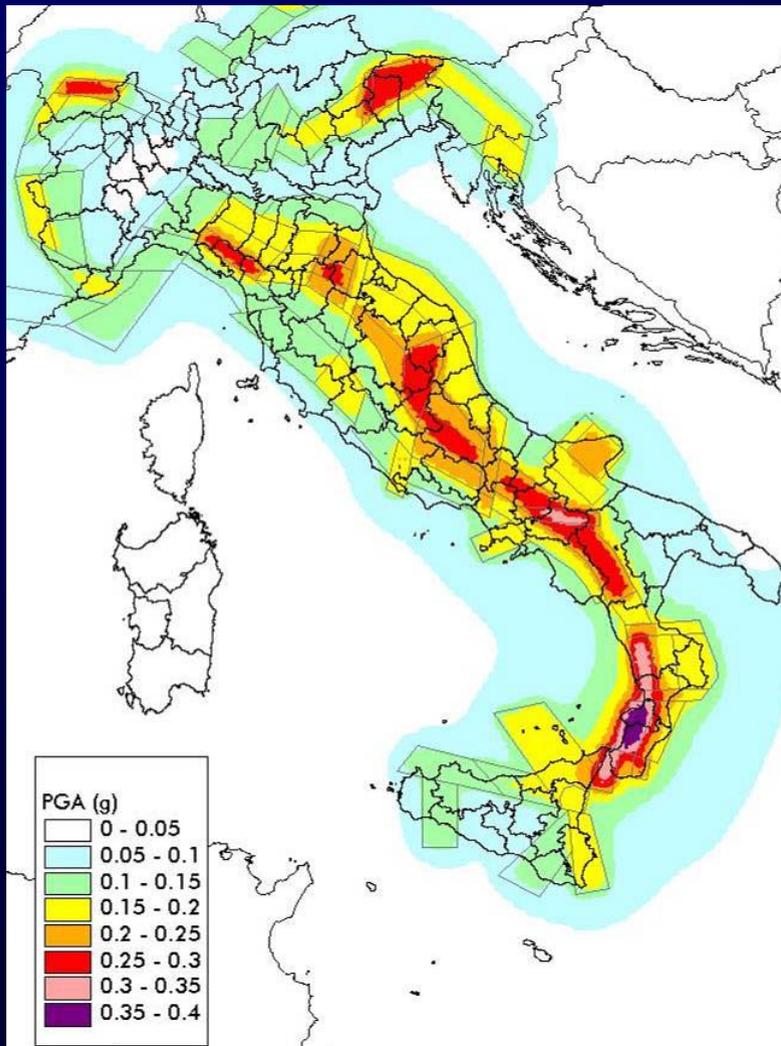
Italia 2000

D. Albarello, V. Bosi, F. Brammerini, A. Lucantoni,
G. Naso, L. Peruzza, A. Rebez, F. Sabetta, D. Slejko

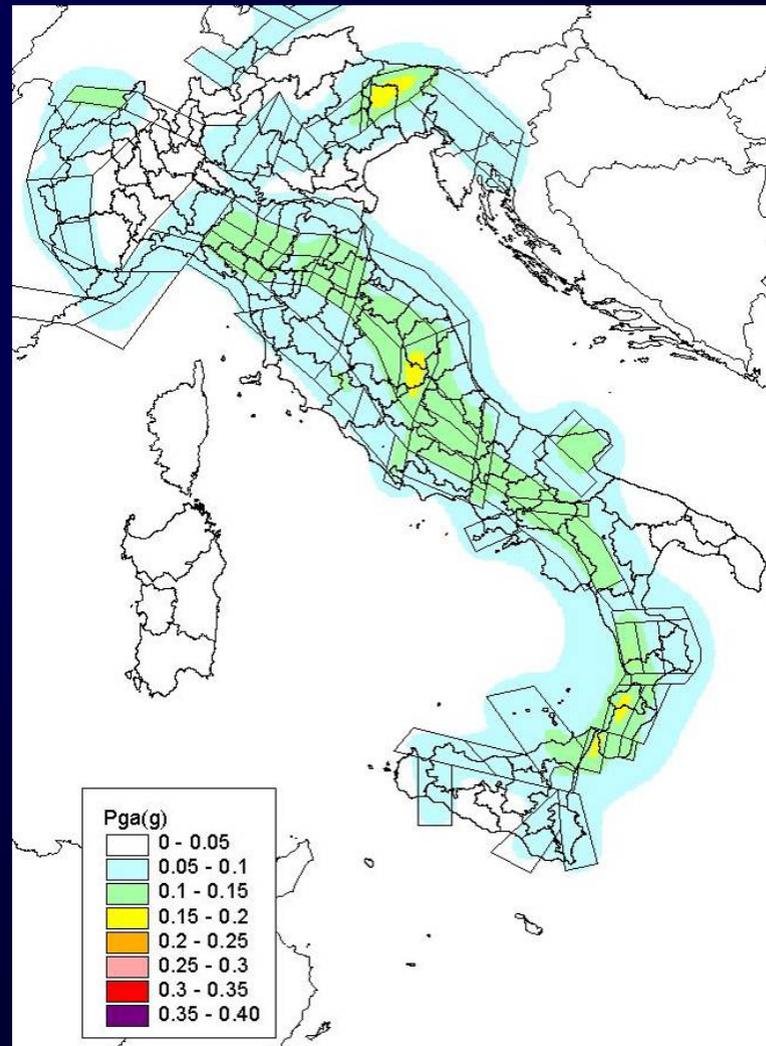
**Valori attesi di Intensità
MCS con una probabilità di
superamento del
10% in 50 anni (periodo di
ritorno 475 anni)**

Italia 2000

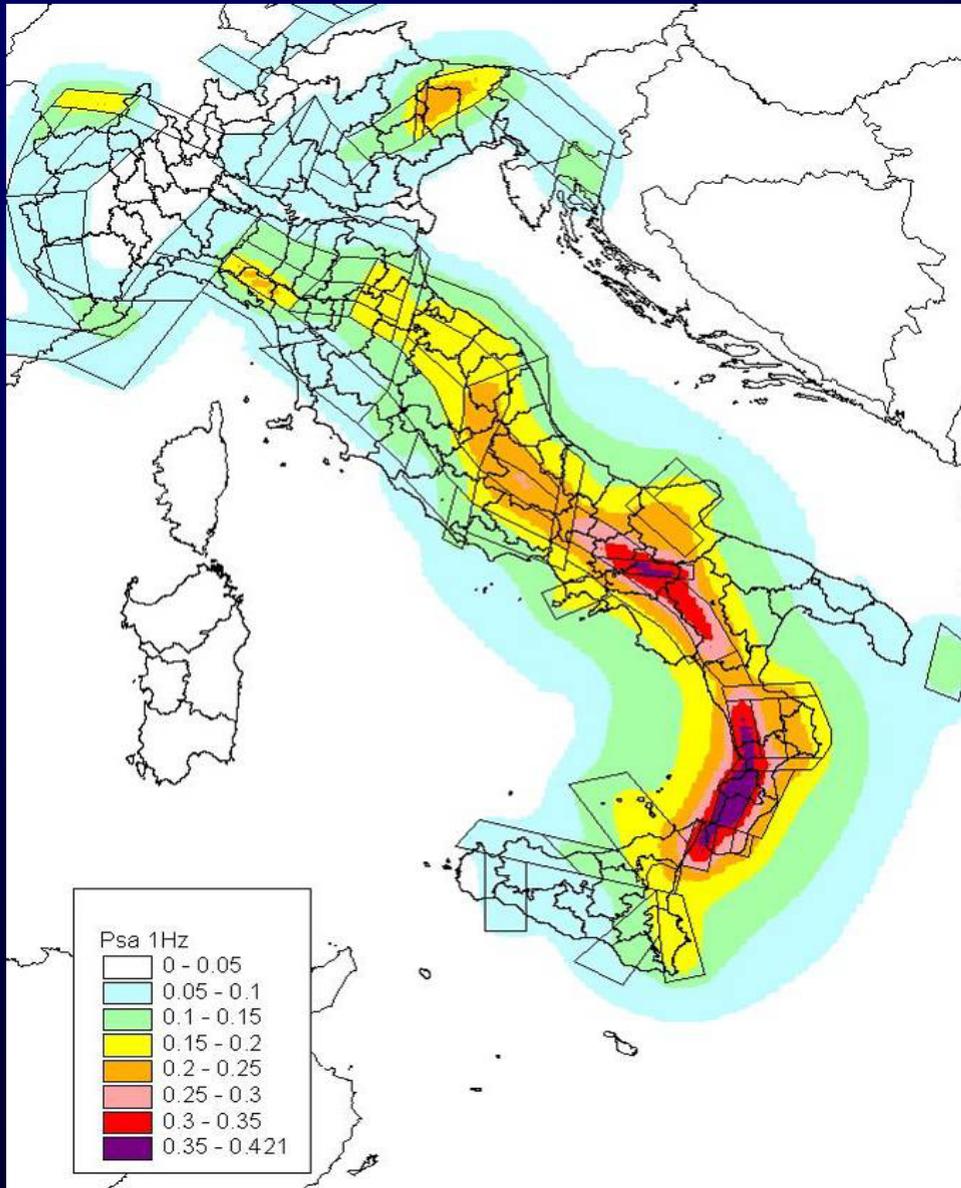
D. Albarello, V. Bosi, F. Brammerini, A. Lucantoni, G. Naso, L. Peruzza, A. Rebez, F. Sabetta, D. Slejko



Valori PGA con una probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni (periodo di ritorno 475 anni)



Valori PGA con una probabilità di eccedenza del 10% in 10 anni (periodo di ritorno 95 anni)



Italia 2000

D. Albarello, V. Bosi, F. Bramerini, A. Lucantoni,
G. Naso, L. Peruzza, A. Rebez, F. Sabetta, D. Slejko

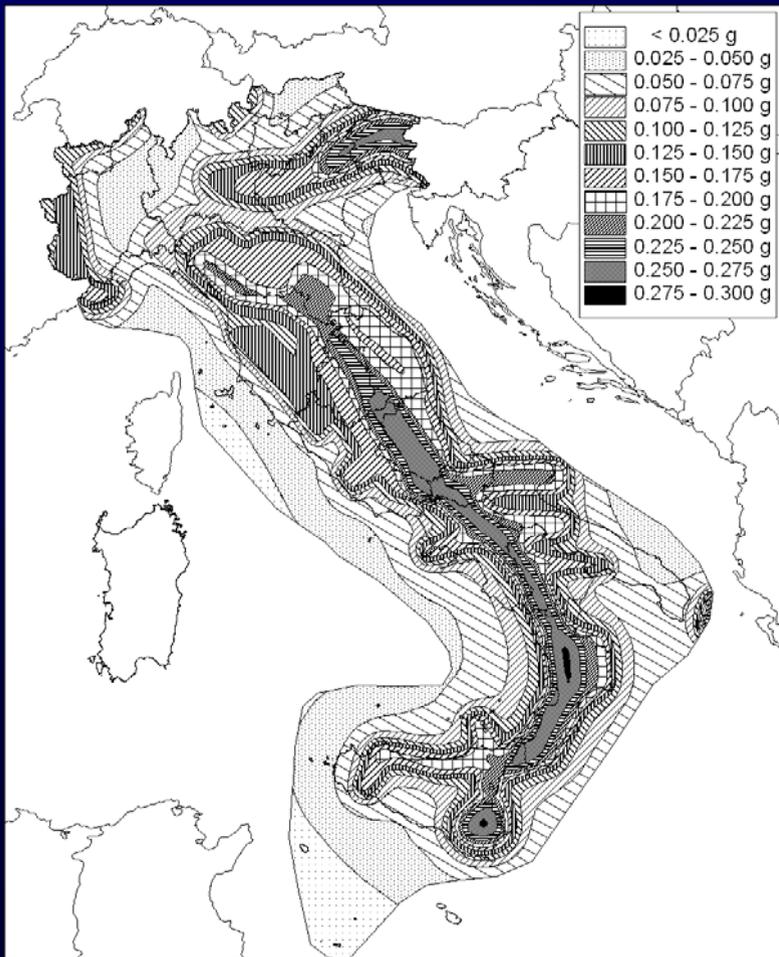
Valori attesi dello spettro di risposta (g) alla frequenza di 1 Hz con una probabilità di superamento del 10% in 50 anni (periodo di ritorno 475 anni)

Mappe di Pericolosità



Nel 2004 è stata realizzata una nuova mappa di pericolosità a cura dell'INGV, successivamente aggiornata e pubblicata sulla G.U. del 28/04/06. Tale mappa è basata su:

- 1) Nuova zonazione sismogenetica
- 2) catalogo aggiornato
- 3) Nuove relazioni di attenuazione
- 4) albero logico



SERIE GENERALE
Anno 147° — Numero 108

Spediz. abb. post. 45% - art. 2, comma 20/h
Legge 23-12-1996, n. 662 - Filiale di Roma

GAZZETTA UFFICIALE
DELLA REPUBBLICA ITALIANA

PARTE PRIMA Roma - Giovedì, 11 maggio 2006 **SI PUBBLICA TUTTI I GIORNI NON FESTIVI**

DIREZIONE E REDAZIONE PRESSO IL MINISTERO DELLA GIUSTIZIA - UFFICIO PUBBLICAZIONE LEGGI E DECRETI - VIA ARSENALE 70 - 00198 ROMA
AMMINISTRAZIONE PRESSO L'ISTITUTO POLIGRAFICO E ZECCA DELLO STATO - LIBRERIA DELLO STATO - PIAZZA S. VERO 16 - 00198 ROMA - CENTRALINO 06 85081

Ordinanza PCM 3519,
28 Aprile 2006

La Gazzetta Ufficiale pubblica, in ogni numero, una o più ordinanze ministeriali, ciascuna contraddistinta con autonoma numerazione.

1ª Serie speciale: Corte costituzionale (pubblicata il mercoledì)
2ª Serie speciale: Comunità europee (pubblicata il giovedì)
3ª Serie speciale: Regioni (publicate il venerdì)
4ª Serie speciale: Concorsi ed esami (pubblicata il martedì e il venerdì)

SOMMARIO

LEGGI ED ALTRI ATTI NORMATIVI

DECRETO LEGISLATIVO 12 aprile 2006, n. 168.
Norme di attuazione dello Statuto speciale della regione Trentino-Alto Adige in materia di controlli igienico-sanitari sulle merci all'importazione ed assistenza sanitaria negli istituti penitenziari. Pag. 4

Ministero delle infrastrutture e dei trasporti

DECRETO 27 marzo 2006, n. 169.
Concessione di esenzioni relative a requisiti di sicurezza previsti dall'allegato 1 del decreto legislativo n. 45 del 2000 per le navi da passeggeri in viaggi nazionali (esenzione dall'obbligo della sistemazione dell'EPiRB satellitare addizionale, del ricevitore del servizio internazionale NAVTEX e del ricetrasmittente VHF aeronautico). Pag. 6

DECRETI PRESIDENZIALI

DECRETO DEL PRESIDENTE DEL CONSIGLIO DEI MINISTRI 2 maggio 2006.
Concessione dell'attestazione di pubblica beneficenza del Dipartimento della protezione civile per i grandi eventi. Pag. 9

DECRETO DEL PRESIDENTE DEL CONSIGLIO DEI MINISTRI 2 maggio 2006.
Individuazione degli eventi calamitosi di rilevante gravità, in Italia e all'estero, per i quali viene concessa l'attestazione di pubblica beneficenza del Dipartimento della protezione civile. Pag. 9

DECRETO DEL PRESIDENTE DEL CONSIGLIO DEI MINISTRI 2 maggio 2006.
Dichiarazione dello stato di emergenza nel territorio del comune di Ischia, in relazione all'evento franoso verificatosi il 30 aprile 2006 nella frazione Pilastrì. Pag. 11

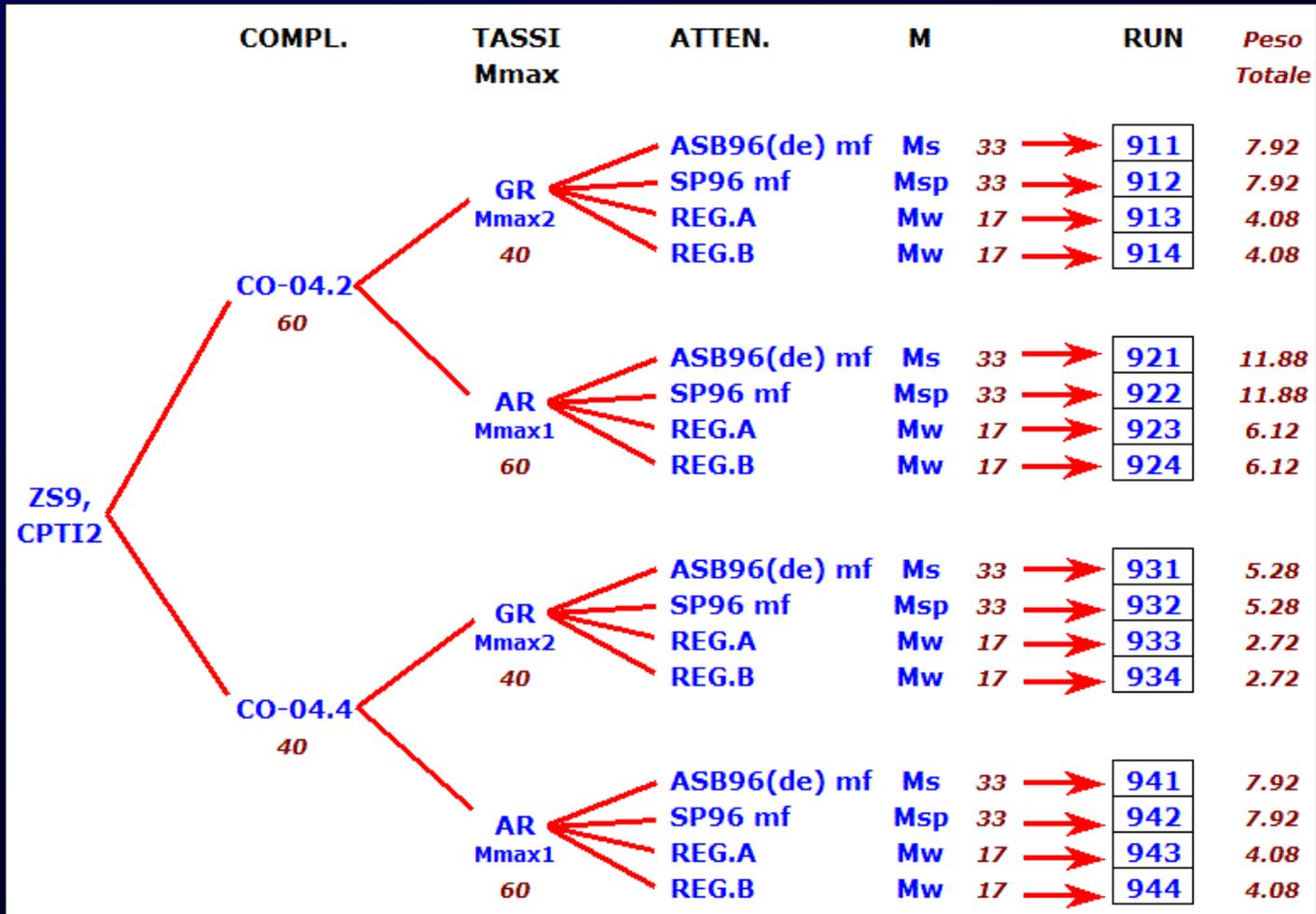
ORDINANZA DEL PRESIDENTE DEL CONSIGLIO DEI MINISTRI 28 aprile 2006.
Criteri generali per l'individuazione delle zone sismiche e per la formazione e l'aggiornamento degli elenchi delle medesime zone. (Ordinanza n. 3519) Pag. 11

ORDINANZA DEL PRESIDENTE DEL CONSIGLIO DEI MINISTRI 2 maggio 2006.
Disposizioni urgenti di protezione civile. (Ordinanza n. 3520) Pag. 15

ORDINANZA DEL PRESIDENTE DEL CONSIGLIO DEI MINISTRI 2 maggio 2006.
Primi interventi urgenti di protezione civile diretti a fronteggiare i danni diretti conseguenti all'evento franoso verificatosi nella frazione Pilastrì del comune di Ischia. (Ordinanza n. 3521) Pag. 19

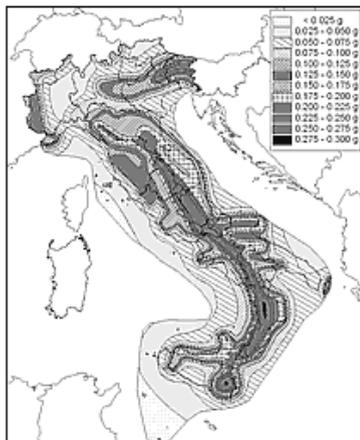
ORDINANZA DEL PRESIDENTE DEL CONSIGLIO DEI MINISTRI 2 maggio 2006.
Revoca delle risorse finanziarie assegnate ai comuni danneggiati dal sisma del 29 aprile 1984, ai sensi delle ordinanze di protezione civile n. 230 del 5 giugno 1984 e n. 318 dell'8 agosto 1984, con parziale riassegnazione delle medesime ai comuni danneggiati dagli eventi sismici del 7 ed 11 maggio 1984, di cui all'ordinanza di protezione civile n. 905 del 17 febbraio 1987. (Ordinanza n. 3522) Pag. 23

Albero logico utilizzato nella mappa INGV 2004 (G.U. del 28/04/06) che serve come base per la classificazione sismica del territorio italiano

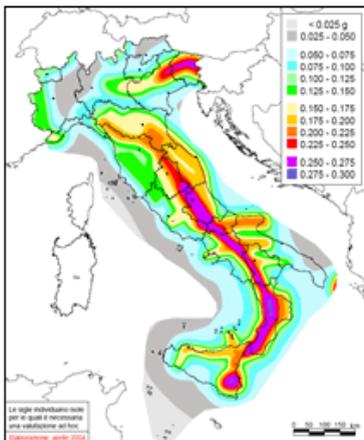


Sito WEB per il download delle mappe e dei valori (PGA e spettri a diversi periodi di ritorno) di pericolosità

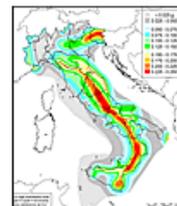
Ordinanza PCM 3519 del 28 aprile 2006, All. 1b
Pericolosità sismica di riferimento per il territorio nazionale



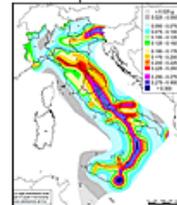
mappa di pericolosità sismica (versione in b/n per la G.U. n.108 del 11/05/2006)



mappa di pericolosità sismica (versione originale)



16mo percentile



84mo percentile

▶ **accesso ai valori in formato digitale e alla documentazione**

▶ **altre elaborazioni nel sito del progetto INGV-DPC S1**

▶ giornata di lavoro "La valutazione della pericolosità sismica finalizzata alla normativa antisismica: presente e futuro" - 13 novembre 2006

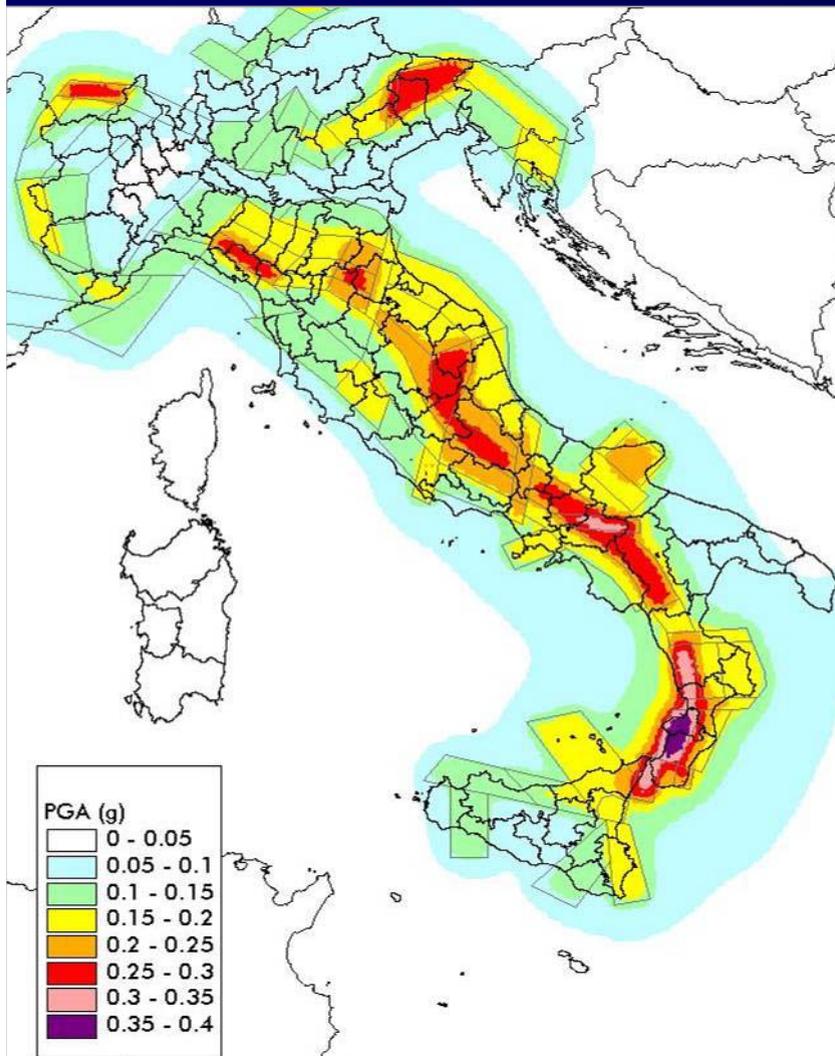
visualizza i valori in mappa calcolati su griglia con passo 0.05° e 0.02°

▶ **disclaimer**
▶ **invia un quesito**

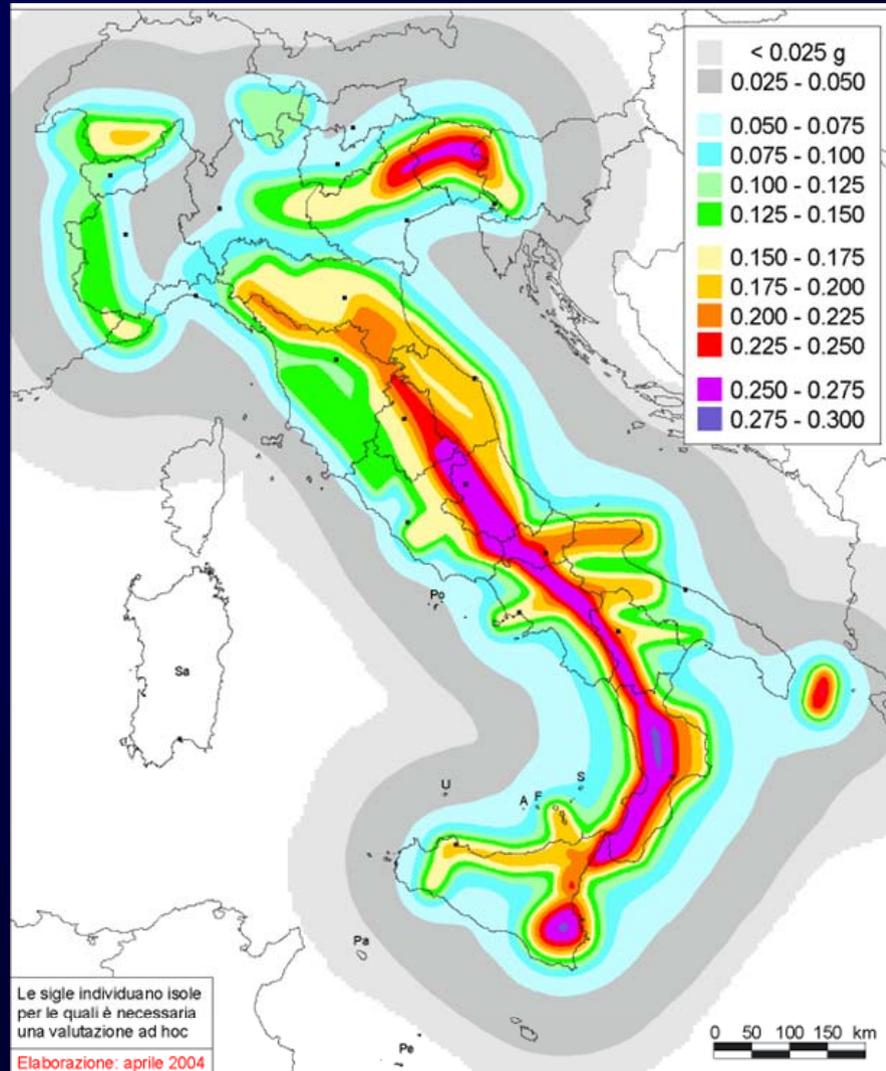
Riferimenti normativi

- ▶ **Ordinanza PCM 3519 (28/04/2006)** criteri generali per l'individuazione delle zone sismiche e per la formazione e l'aggiornamento degli elenchi delle medesime zone (G.U. n.108 del 11/05/2006)
- ▶ **Norme tecniche per le costruzioni** D.M. 14/09/05 (G.U. n. 222 del 23/11/2005)
- ▶ **Ordinanza PCM 3274 (20/03/2003)** primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione del territorio nazionale e di normative tecniche (G.U. n.105 del 08/05/2003)
- ▶ **Evoluzione delle mappe di classificazione sismica**
 - **2004**, mappa delle zone sismiche con variazioni regionali
 - **2003**, mappa delle zone sismiche - Ord. PCM 3274
 - **1998**, proposta di riclassificazione sismica
 - **1984**, mappa della classificazione sismica

Valori PGA con una probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni (periodo di ritorno 475 anni)



SSN-GNDT 2000



INGV 2004

The assumption of spatial and temporal independence of earthquake occurrence, implicit in the PSHA based on the Cornell approach and Poisson process, is clearly not compatible with the processes of plate tectonics and elastic rebound that generate earthquakes.

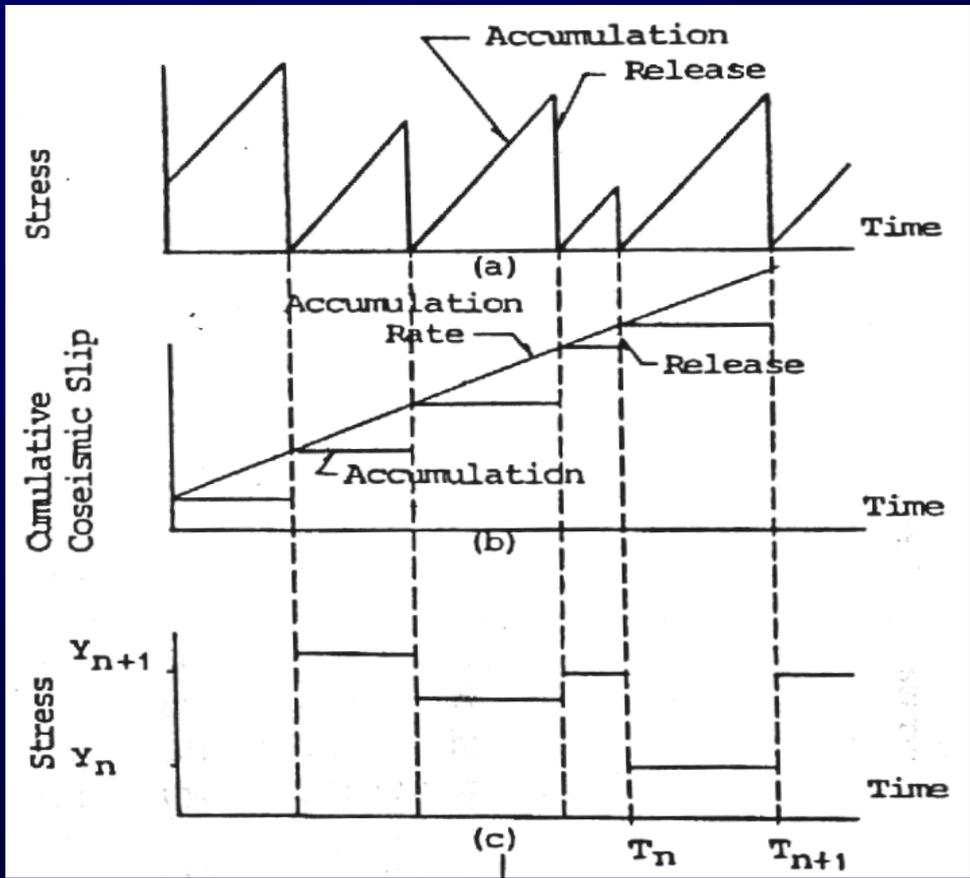
If earthquakes occur to release strain energy that builds up over extended periods of time, the occurrence of a large earthquake should substantially reduce the chances of another independent large earthquake (from the same source) occurring shortly thereafter.

Several time-dependent models that account for prior seismicity have been proposed (Anagnos & Kiremidjian, 1984):

Renewal models use arrival-time distributions other than exponential to allow the hazard rate to vary with time since last event (log-normal, gamma, and Weibull distributions are most common).

Time-predictable models specify a distribution of the time to next earthquake that depends on the magnitude of the most recent event.

Slip-predictable models consider the distribution of earthquake magnitude to depend on the time since the most recent event.



Schematic representation of the application of a slip-predictable model for earthquake occurrence. (Kiremidjian & Suzuki, 1987)

The basic assumption of a "slip-predictable model" is that the stress released during an earthquake is proportional to the elapsed time since the last rupture, although the time that will elapse before the next event is random.

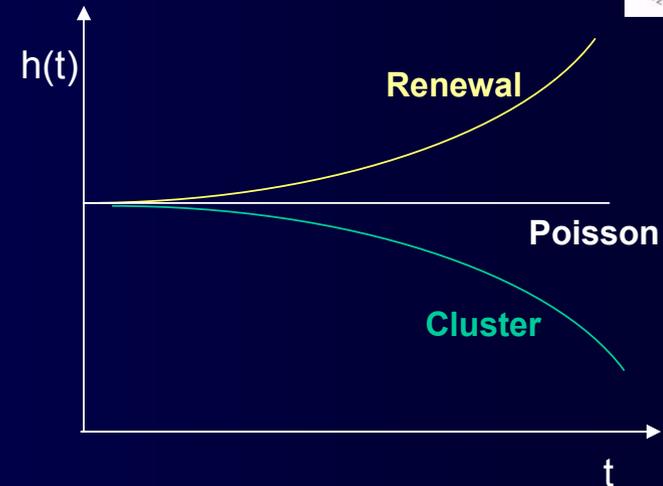
The issue is that for a good application of this model you need to know the occurrence time and the slip release of several earthquakes on a given fault.

Identification and dating of multiple events on a given fault are however very rare and difficult to obtain, particularly in complex sesmotectonic environments as those of Europe and Italy

□ I modelli tipo “Renewal” o “Slip predictable” sono applicabili a singole faglie che mostrino comportamenti di tipo “terremoto caratteristico” e considerano che la probabilità di verificarsi di un terremoto è tanto **maggiore quanto maggiore è il tempo trascorso dall’ultimo evento**.

□ D’altra parte l’osservazione della sismicità storica mostra che spesso i terremoti seguono un comportamento a “cluster” (raggruppati nello spazio e nel tempo). In questo caso il rilascio di sforzo su di una faglia può determinare un aumento del campo di sforzo su faglie vicine e quindi la probabilità di verificarsi di un terremoto è tanto **minore quanto maggiore è il tempo trascorso dall’ultimo evento**.

□ Inoltre i modelli Time-depedent, oltre a proporre due approcci antitetici, richiedono dettagliate conoscenze sulle faglie sismogenetiche che non sempre sono disponibili. Ne consegue che **in attesa di studi più approfonditi** (in corso nell’ambito delle **iniziative internazionali del CSEP Collaboratory for the Study of Earthquake Predictability**) il **modello di Poisson**, in particolare nel caso di sorgenti multiple e poco conosciute, è quello attualmente più utilizzato negli studi di pericolosità.



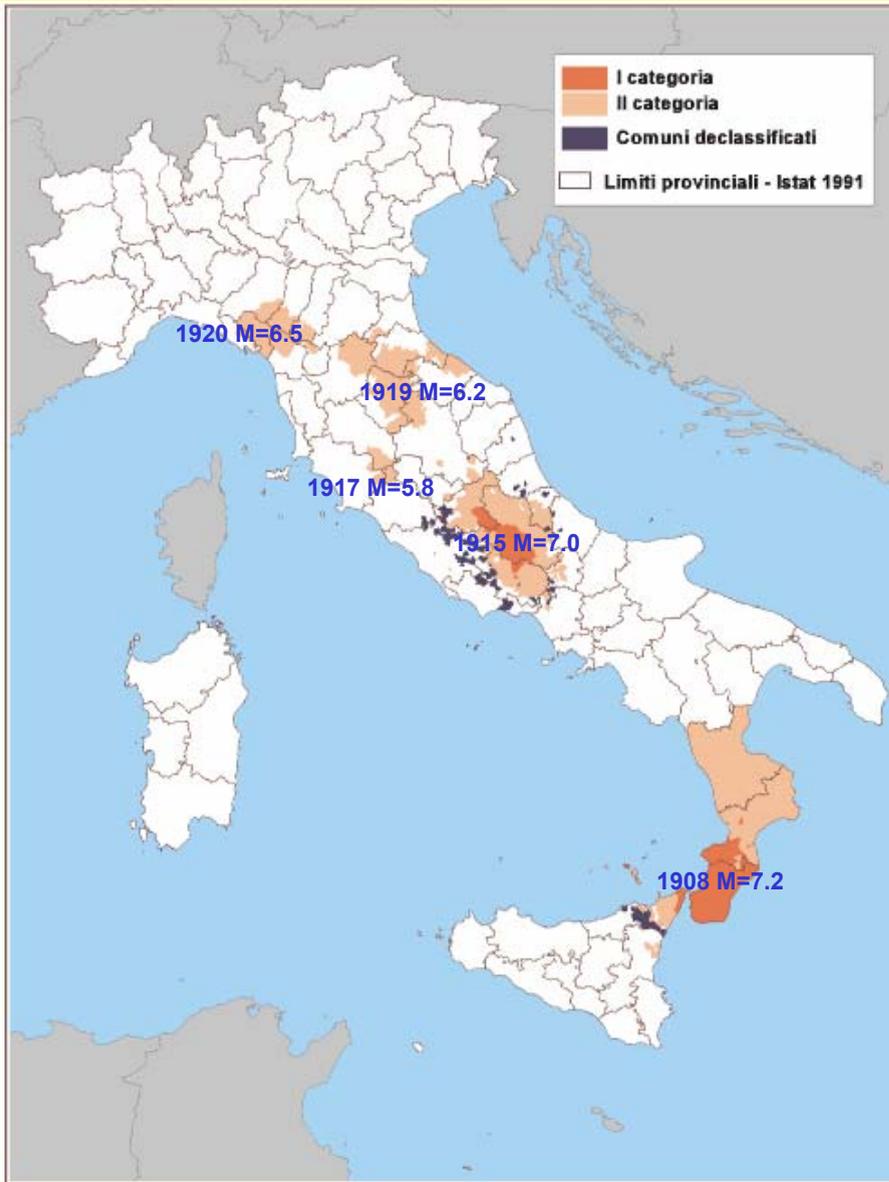


28/12/1908 ore 4.20
Terremoto di Messina
 $M_s = 7.3$ - 86.000 vittime

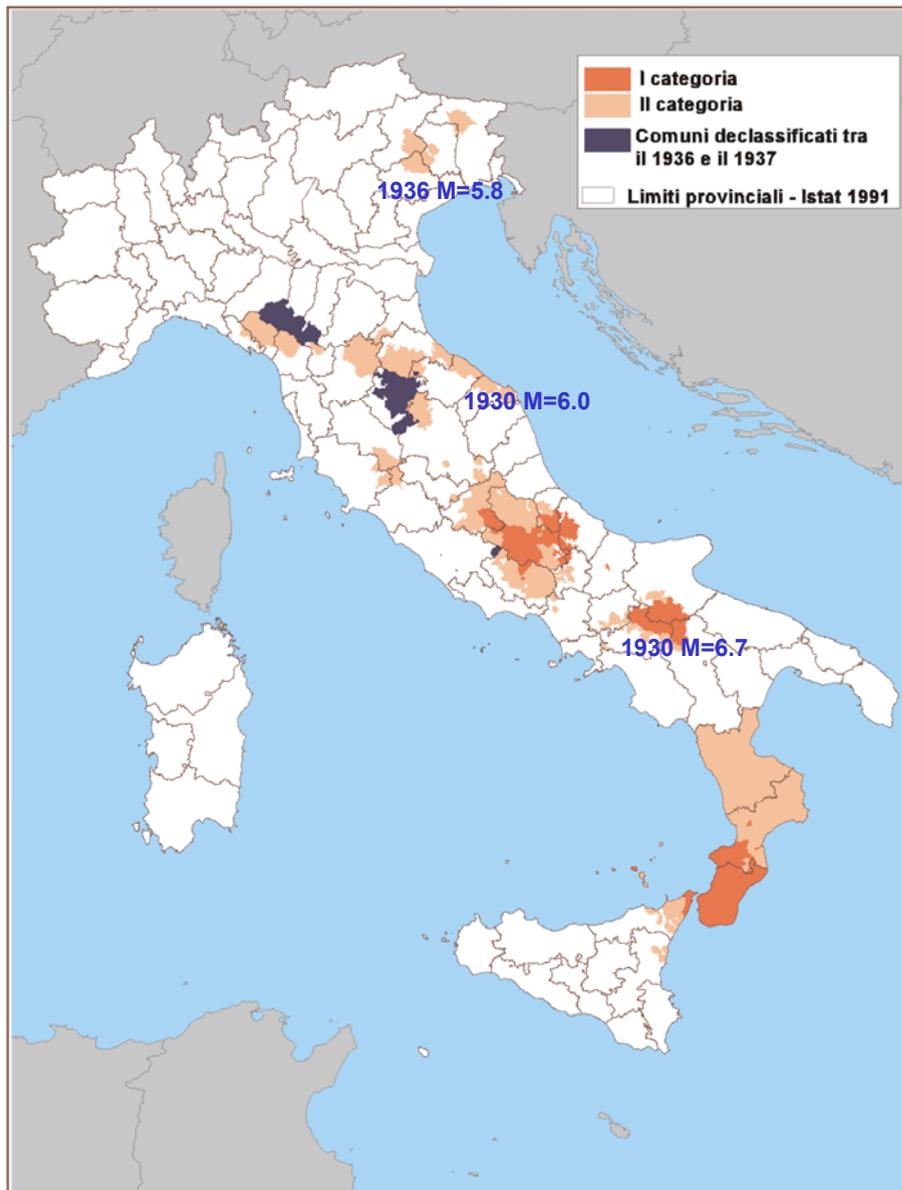


1909 inizia la classificazione sismica del territorio italiano

Il **Regio Decreto 18.04.1909 n.193** contenente le norme tecniche obbligatorie per le riparazioni ricostruzioni e nuove costruzioni degli edifici pubblici e privati e l'elenco dei Comuni sottoposti all'osservanza di dette norme.



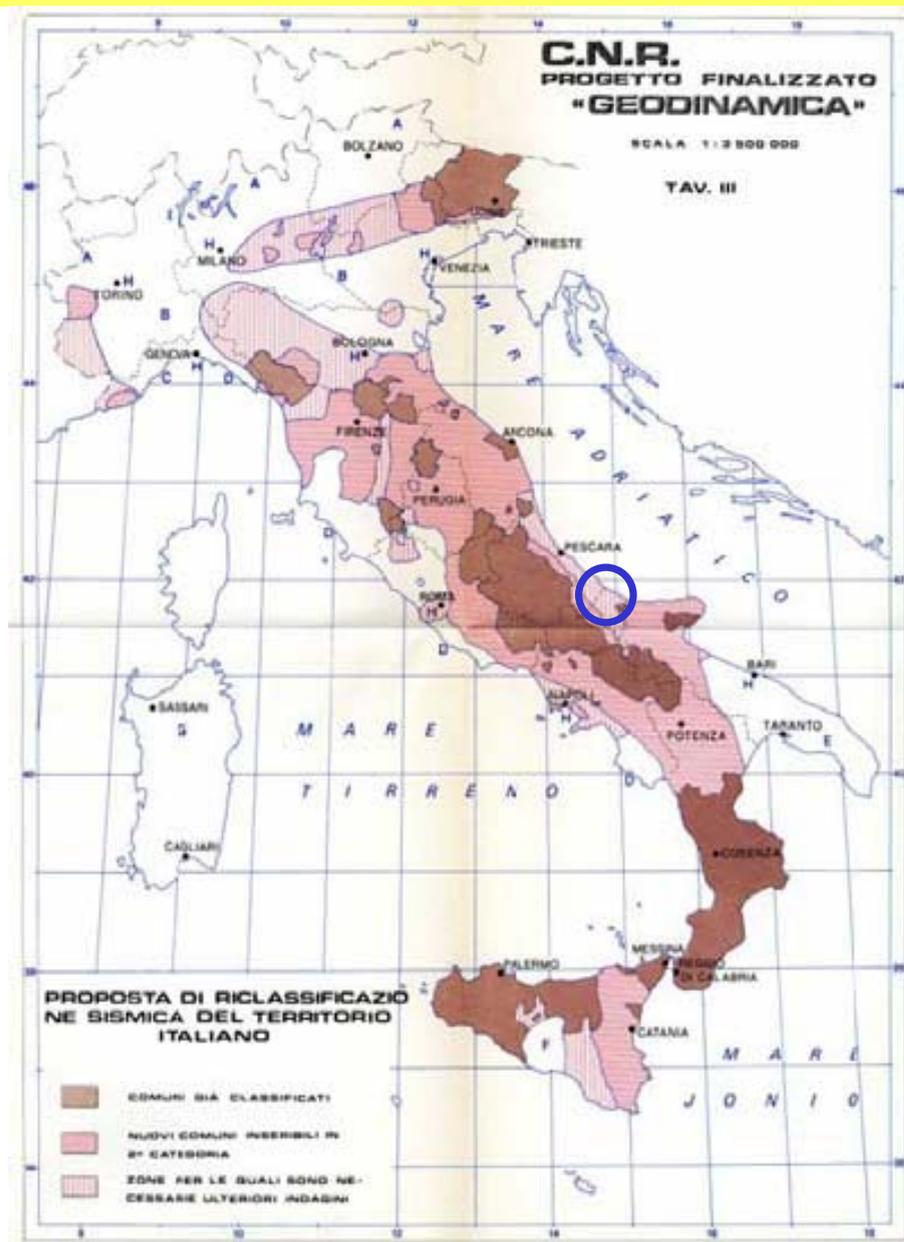
la classificazione nel 1927



la classificazione nel 1937

Decreto Ministeriale 29/11/1938 declassificazione del Terminillo

la richiesta si basa sulla considerazione che i danni prodotti in quella zona dal terremoto del 1915 furono minimi ed imputabili, più che altro, alla cattiva costruzione delle case, e che, d'altra parte, **l'assoggettamento a tali norme costituisce un notevole intralcio allo sviluppo di quella zona eminentemente turistica.**



Dopo il terremoto dell'Irpinia del 1980 si avvertì la necessità di razionalizzare la classificazione sismica

Il progetto Finalizzato Geodinamica del CNR nel 1980 realizzò le carte di scuotibilità con l'obiettivo di includere tutti i comuni con una pericolosità sismica maggiore o uguale a quella dei comuni già classificati.

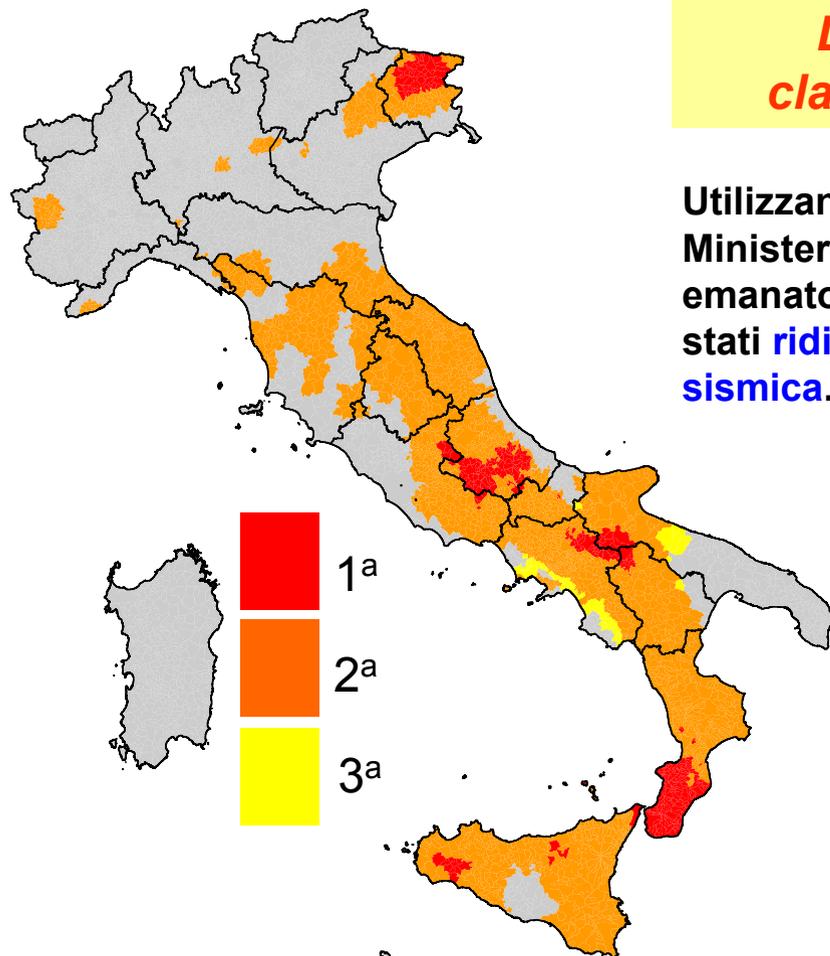
Non vennero operate declassificazioni

Si utilizzarono tre criteri

- Massima intensità macrosismica per ciascun sito (periodo di osservazione dal 1000 d.c. all'attuale)
- Intensità corrispondente a diversi periodi di ritorno (50,100,200,500 e 1000 anni)
- Valore del coefficiente C utilizzato nella normativa sismica

L'aggiornamento della classificazione nel 1981-84

Utilizzando le carte di scuotibilità del CNR il Ministero dei LL.PP. tra il 1981 e il 1984 ha emanato una serie di decreti con i quali sono stati ridisegnati i limiti della classificazione sismica.

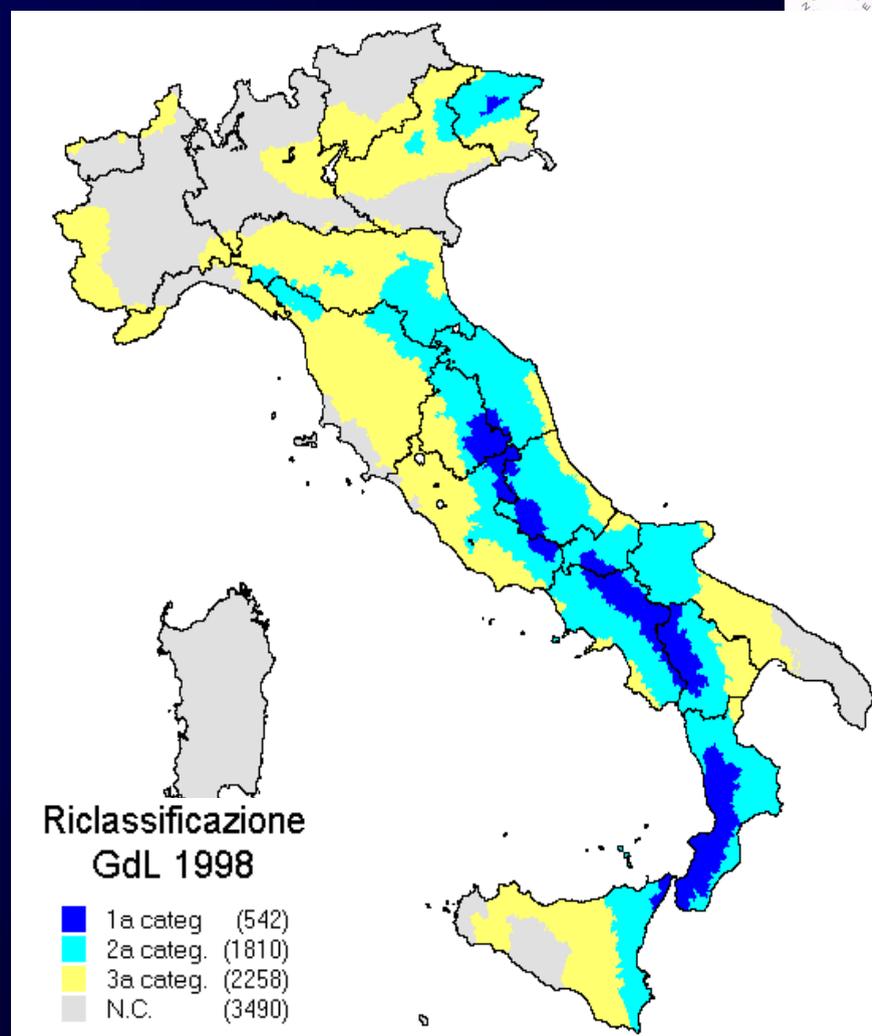
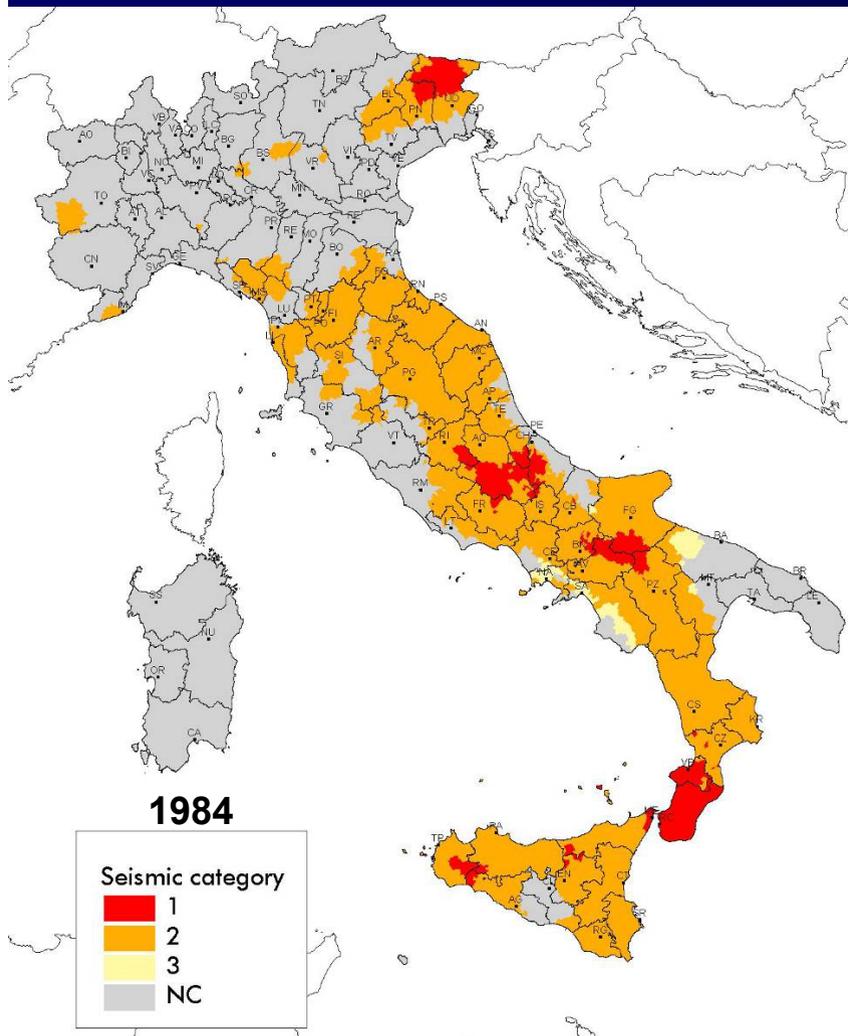


Con il decreto ministeriale del 3.6.1981 n.515 viene introdotta la zona sismica di terza categoria

Coefficiente sismico:

C= 0.1 I categoria (1975)
C= 0.07 II categoria (1975)
C= 0.04 III categoria (1981)

- Nel 1997 la Commissione Nazionale di Previsione e Prevenzione dei Grandi Rischi incaricò il Servizio Sismico Nazionale di costituire un gruppo di lavoro (G.d.L.) per la formulazione di una **proposta di riclassificazione sismica** del territorio italiano. Tale **proposta (1998)**, **approvata dalla Commissione grandi Rischi nella seduta del 17/11/98**, fu sottoposta alla valutazione del Consiglio Superiore dei LLPP in data 1/12/1998.
- Nel medesimo anno veniva emanato il Dlgs. 112/98 che attribuisce alle **Regioni** la competenza di individuare le zone sismiche, lasciando allo Stato il compito di definire gli indirizzi e i criteri generali per la classificazione. Successivamente il Dlgs. 300/99 e la legge 401/2001 stabilivano che l'Amministrazione deputata alla formulazione di indirizzi e criteri è il **Dipartimento della Protezione Civile**; va tuttavia ricordato che il TU per l'edilizia (DPR 380/2001, G.U. 30/6/2003) richiamandosi alla legge 64 del 1974, attribuisce tale competenza al **Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti**.
- In seguito al terremoto del Molise, la **Presidenza del Consiglio dei Ministri** ha istituito nel dicembre 2002 un G.d.L. con il compito di formulare, gli indirizzi e i criteri per l'aggiornamento dell'elenco zone sismiche nonché delle norme tecniche per le costruzioni in zona sismica. **Il G.d.L. ha terminato i lavori nel gennaio 2003 recependo la "proposta '98" come "Elaborato di riferimento" per la prima applicazione della classificazione.** La **nuova normativa** sismica è stata invece adeguata alla normativa europea prendendo come base l'ultima versione **dell'Eurocodice EC8**.
- Le proposte del suddetto G.d.L. Hanno portato all'emanazione **dell'Ordinanza PCM n. 3274** pubblicata sulla **G.U. del 8/5/2003** e successivamente integrata **dall'Ordinanza n. 3519 del 28/04/2006**



La nuova mappa presenta una più marcata continuità territoriale e mostra come aree a maggiore pericolosità quelle dell'Appennino centro-meridionale e dell'Arco calabro, circondate da una zona più estesa a media pericolosità che include anche la Garfagnana e il Friuli e da una zona a bassa pericolosità che include quasi tutto il territorio nazionale.

L'esigenza, almeno in prima applicazione, di non procedere a "declassificazioni" fa sì che la mappa, di cui all'allegato 1 dell'Ordinanza 3274, risulti dalla "sovrapposizione" delle due mappe della diapositiva precedente.

Classificazione Sismica 2003

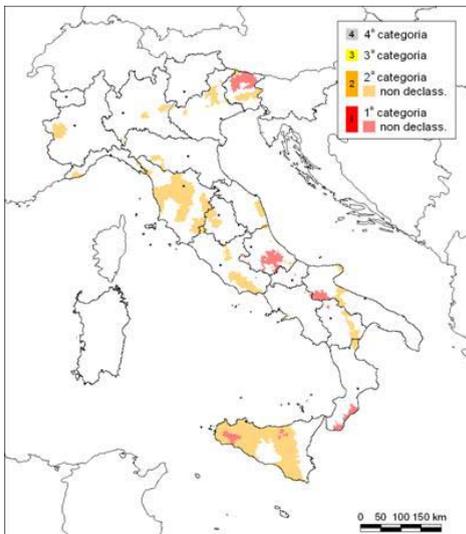
Ordinanza PCM 3274 20/03/03

	zona 1	(716)
	zona 2	(2323)
	zona 3	(1632)
	zona 4	(3429)

La zona 4 corrisponde ai comuni che nelle precedenti classificazioni erano indicati come non classificati (NC).

In fase di in prima applicazione le Regioni possono:

- utilizzare una tolleranza pari un livello di zona
- decidere se introdurre l'obbligo della progettazione antisismica in zona 4



Le novità della classificazione sismica 2003

- 1) tutta l'Italia è sismica;
- 2) è previsto l'adeguamento sismico degli edifici strategici e di quelli ad alto affollamento;
- 3) classificazione e norme tecniche sono collegate;
- 4) le norme tecniche considerano edifici e infrastrutture;
- 5) la classificazione è soggetta a periodiche revisioni.

Non sono declassati comuni precedentemente attribuiti a categorie più cautelative.

Nel 2004 e' stata realizzata dall'INGV la nuova mappa di pericolosità in PGA (a_g), prevista dall'Ordinanza 3274.

Tale mappa viene adottata **dall'Ordinanza PCM 3519 del 28/04/2006** e può essere utilizzata dalle Regioni come “elaborato di riferimento a scala nazionale” per l'inserimento dei comuni nelle diverse zone sismiche.

Le valutazioni di a_g (accelerazione massima su suolo rigido, con probabilità di superamento del 10% in 50 anni) sono rappresentate in termini di curve di livello con passo 0,025 g. L'assegnazione di un comune ad una delle 4 zone viene effettuata, **con tolleranza di 0,025 g**, secondo lo schema seguente:

zona	accelerazione orizzontale con probabilità di superamento pari al 10 % in 50 anni [a_g/g]
1	> 0,25
2	0,15-0,25
3	0,05-015
4	<0,05

In realtà, con l'eccezione del Molise che nel settembre 2006 ha adottato la nuova mappa, le Regioni hanno recepito la mappa di cui all'Ordinanza 3274, derivata dalla “proposta'98”.

Solo Sicilia, Lazio, Basilicata, e Provincia di Trento hanno introdotto alcune piccole modifiche. La Toscana ha introdotto la zona 3S a fini amministrativi (controlli)



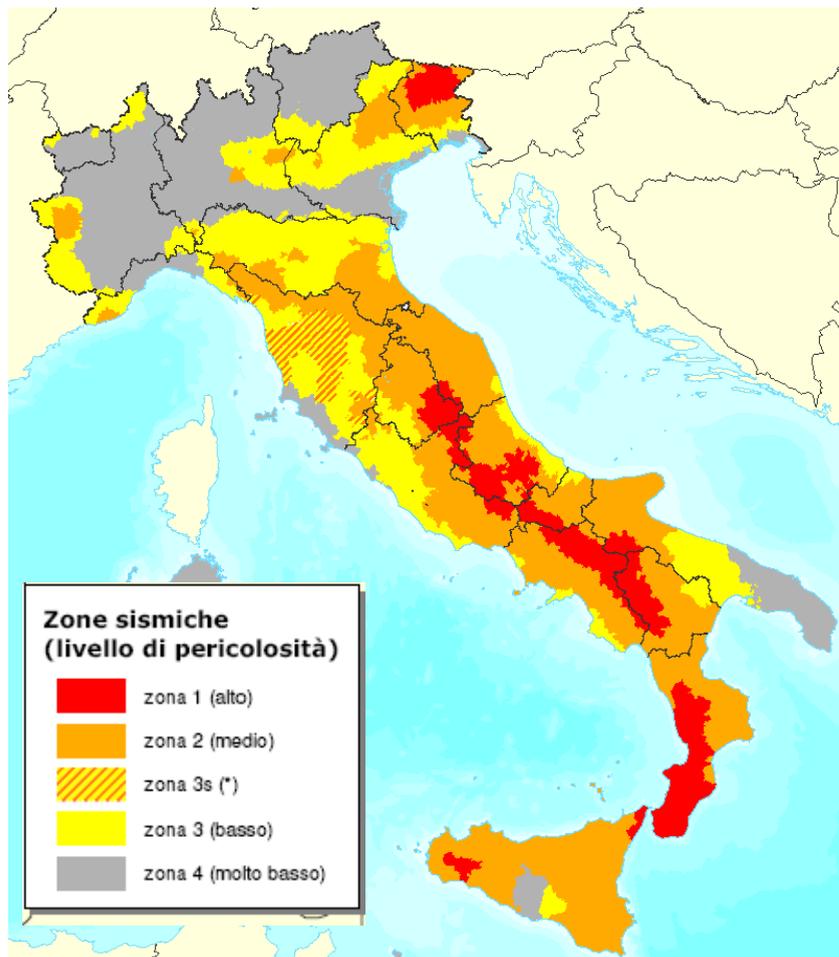
Presidenza del Consiglio dei Ministri
Dipartimento della protezione civile

Ufficio prevenzione, valutazione e mitigazione del rischio sismico e attività ed opere post-emergenza

Classificazione sismica al 2006

Recepimento da parte delle Regioni e delle Province autonome dell'Ordinanza PCM 20 marzo 2003, n. 3274.

Atti di recepimento al 31 dicembre 2007. Abruzzo: DGR 29/3/03, n. 438. Basilicata: DCR 19/11/03, n. 731. Calabria: DGR 10/2/04, n. 47. Campania: DGR 7/11/02, n. 5447. Emilia Romagna: DGR 21/7/03, n. 1435. Friuli Venezia Giulia: DGR 1/8/03, n. 2325. Lazio: DGR 1/8/03, n. 766. Liguria: DGR 16/5/03, n. 530. Lombardia: DGR 7/11/03, n. 14964. Marche: DGR 29/7/03, n. 1046. Molise: LR 20/5/04, n. 13. Piemonte: DGR 17/11/03, n. 61/11017. Puglia: DGR 2/3/04, n. 153. Sardegna: DGR 30/3/04, n. 15/31. Sicilia: DGR 19/12/03, n. 408. Toscana: DGR 16/6/03, n. 604. Trentino Alto Adige: Bolzano, DGP 6/11/06, n. 4047; Trento, DGP 23/10/03, n. 2813. Umbria: DGR 18/6/03, n. 852. Veneto: DCR 3/12/03, n. 67. Valle d'Aosta: DGR 30/12/03, n. 5130.

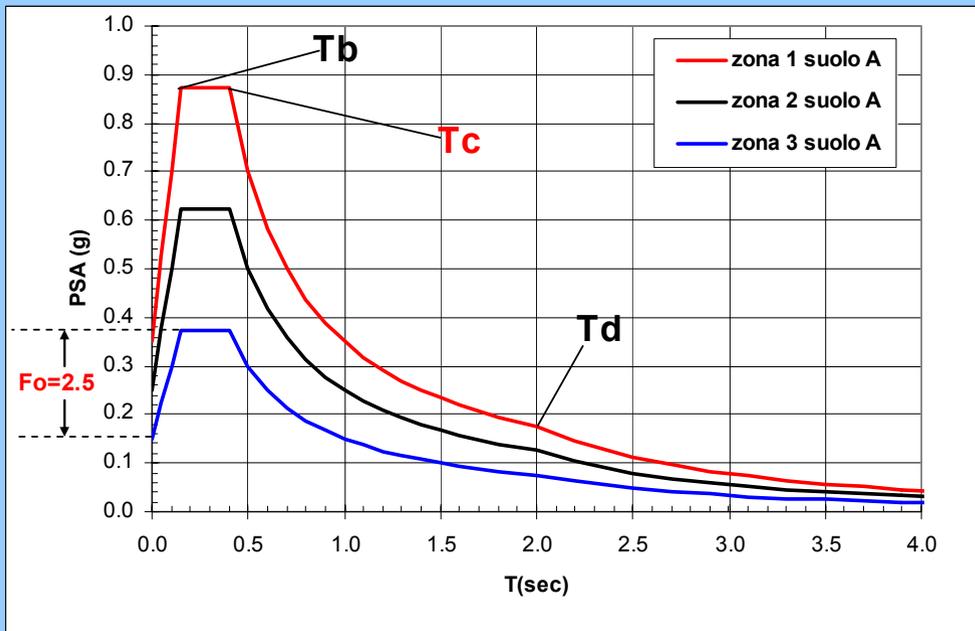


La mappa di classificazione e l'elenco dei comuni possono essere scaricati dal sito della Protezione Civile :

http://www.protezionecivile.it/cms/view.php?dir_pk=52&cms_pk=2729

In seguito alle delibere regionali (2003-2006) la situazione attuale è:
716 comuni in zona 1, 2323 comuni in zona 2, 1632 comuni in zona 3 e 3429 comuni in zona 4.

Va sottolineato che, in base alle nuove Norme Tecniche per le Costruzioni emanate nel 2008, la classificazione sismica serve solo a scopi amministrativi per il controllo e la verifica delle strutture esistenti e non per la progettazione del nuovo.



L'azione sismica di riferimento viene rappresentata da uno spettro di risposta elastico moltiplicato per il valore della **accelerazione massima (a_g)** del terreno che caratterizza le diverse zone secondo la seguente tabella:

Zona	Valore di a_g
1	0,35 g
2	0,25 g
3	0.15 g
4	0,05 g

$$0 \leq T < T_B \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \left(1 + \frac{T}{T_B} \cdot (\eta \cdot 2,5 - 1) \right)$$

$$T_B \leq T < T_C \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot 2,5$$

$$T_C \leq T < T_D \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot 2,5 \left(\frac{T_C}{T} \right)$$

$$T_D \leq T \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot 2,5 \cdot \left(\frac{T_C T_D}{T^2} \right)$$

S = coeffic. di amplific. stratigrafica

η = fattore per coefficienti di smorzamento ξ diversi dal 5%

$$\eta = \sqrt{10 / (5 + \xi)} \geq 0,55$$

Ai fini della presente normativa le forme spettrali sono definite, per ciascuna delle probabilità di superamento nel periodo di riferimento P_{VR} , a partire dai valori dei seguenti parametri su sito di riferimento rigido orizzontale:

- a_g accelerazione orizzontale massima al sito;
- F_o valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale.
- T^*_c periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro

In allegato alle norme (Tab 1), su di un reticolo i cui nodi distano non più di 10 km (10751 punti), sono forniti i valori di a_g , F_o , T^*_c necessari a disegnare lo spettro

$0 \leq T < T_B$	$S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_o \cdot \left[\frac{T}{T_B} + \frac{1}{\eta \cdot F_o} \left(1 - \frac{T}{T_B} \right) \right]$
$T_B \leq T < T_C$	$S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_o$
$T_C \leq T < T_D$	$S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_o \cdot \left(\frac{T_C}{T} \right)$
$T_D \leq T$	$S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_o \cdot \left(\frac{T_C T_D}{T^2} \right)$

$$S = S_S \times S_T$$

S_S coeffic. di amplific. stratigrafica

S_T coeffic. di amplific. Topografica

η fattore per coefficienti di smorzamento

ξ diversi dal 5%

$$\eta = \sqrt{10 / (5 + \xi)} \geq 0,55$$

$T_C = C_C \times T^*_c$ dove C_C è un coefficiente funzione della categoria di sottosuolo

$$T_B = T_C / 3$$

$$T_D = 4 \times a_g + 1,6$$

Si tratta di una piccola "rivoluzione" poiché per la prima volta viene abbandonato il concetto di "zone sismiche" e viene definito lo spettro elastico a pericolosità uniforme per ciascun punto di un reticolo che copre tutto il territorio

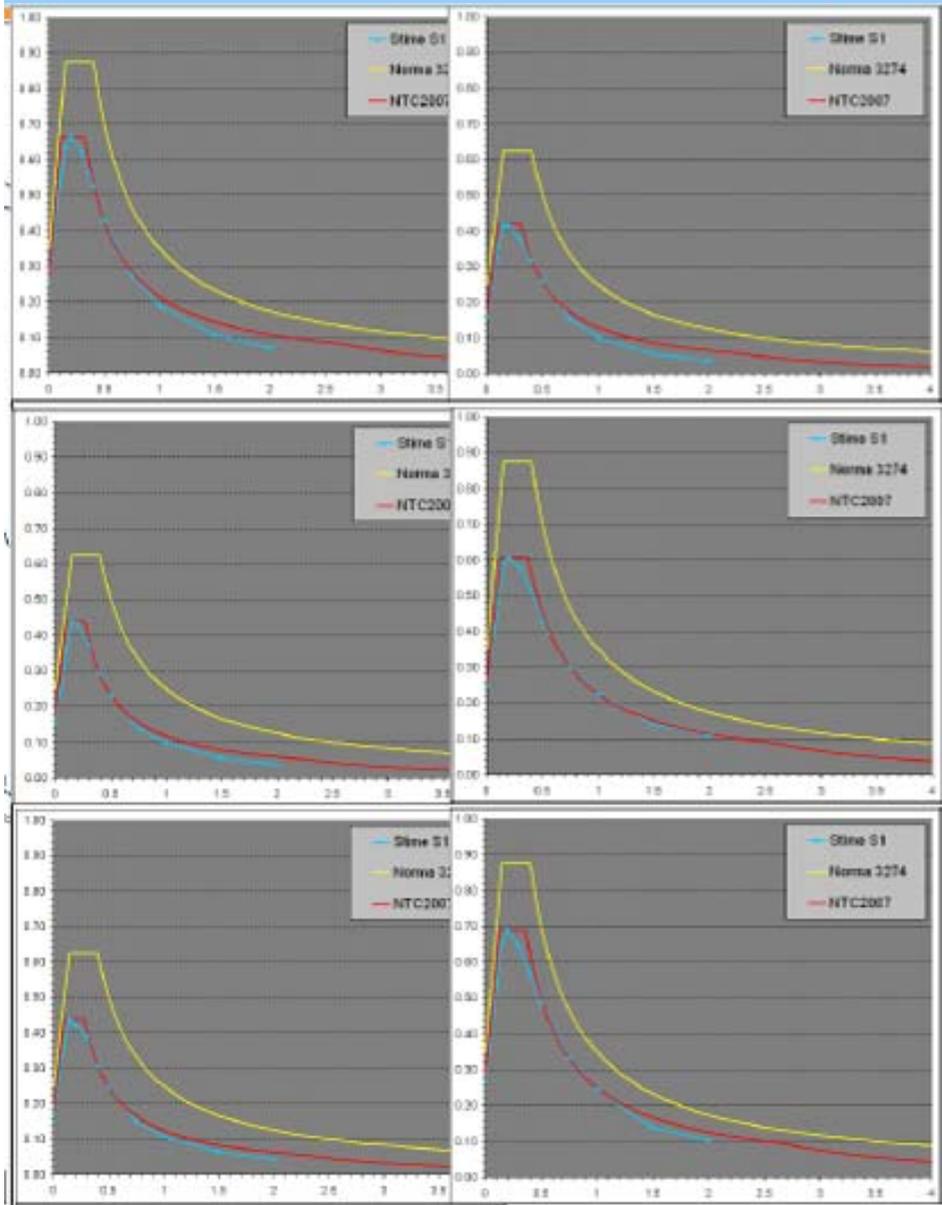
ALLEGATO B ALLE NORME TECNICHE PER LE COSTRUZIONI: TABELLE DEI PARAMETRI CHE DEFINISCONO L'AZIONE SISMICA

In Tabella 1 vengono forniti, per **10751** punti del *reticolo di riferimento* e per **9** valori del periodo di ritorno T_R (**30** anni, **50** anni, **72** anni, **101** anni, **140** anni, **201** anni, **475** anni, **975** anni, **2475** anni), i valori dei parametri a_g , F_o , T_C^* da utilizzare per definire l'azione sismica nei modi previsti dalle **NTC**.

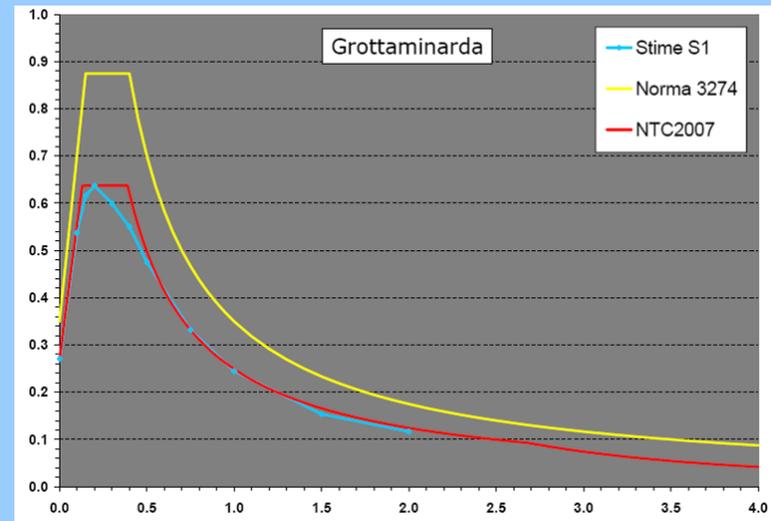
I punti del reticolo di riferimento sono definiti in termini di Latitudine e Longitudine ed ordinati a Latitudine e Longitudine crescenti, facendo variare prima la Longitudine e poi la Latitudine.

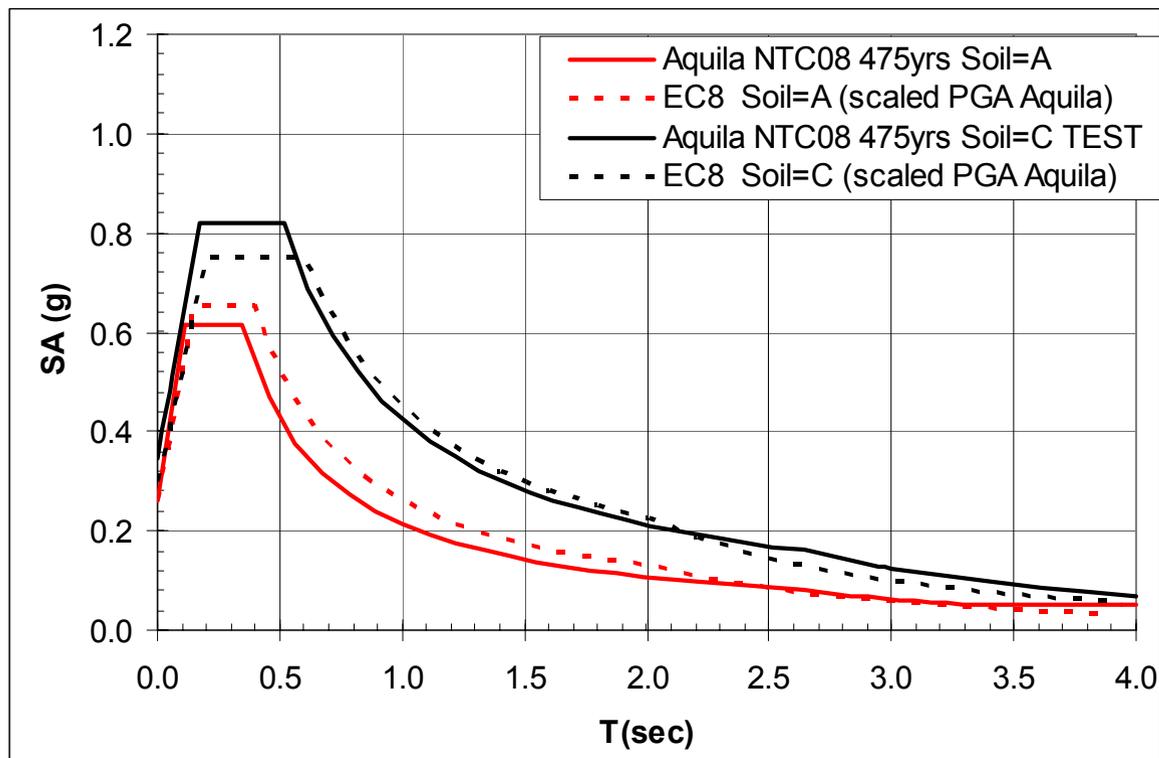
L'accelerazione al sito a_g è espressa in $g/10$; F_o è adimensionale, T_C^* è espresso in secondi.

ID	LON	LAT	$T_R=30$			$T_R=50$			$T_R=72$			$T_R=101$			$T_R=140$	
			a_g	F_o	T_C^*	a_g	F_o	T_C^*	a_g	F_o	T_C^*	a_g	F_o	T_C^*	a_g	F_o
13111	6.5448	45.134	0.263	2.50	0.18	0.340	2.51	0.21	0.394	2.55	0.22	0.469	2.49	0.24	0.545	2.50
13333	6.5506	45.085	0.264	2.49	0.18	0.341	2.51	0.21	0.395	2.55	0.22	0.469	2.49	0.24	0.543	2.50
13555	6.5564	45.035	0.264	2.50	0.18	0.340	2.51	0.20	0.393	2.55	0.22	0.466	2.50	0.24	0.540	2.51
13777	6.5621	44.985	0.263	2.50	0.18	0.338	2.52	0.20	0.391	2.55	0.22	0.462	2.51	0.24	0.535	2.51



Confronto degli spettri previsti dal D.M. 14/09/2005 (in giallo) con la nuova normativa del 2008 (in rosso) e spettri UHS (in celeste) per diversi siti italiani





Aquila $a_g=0.261$	S	F0	S x F0	TB	TC	TD
EC8 soil A $V_s > 800$ m/s	1.00	2.50	2.50	0.15	0.40	2.00
NTC08 soil A $V_s > 800$ m/s	1.00	2.36	2.36	0.12	0.35	2.64
EC8 soil C $180 < V_s < 360$ m/s	1.15	2.50	2.88	0.20	0.60	2.00
NTC08 soil C $180 < V_s < 360$ m/s	1.33	2.36	3.14	0.17	0.52	2.64

2.4.1 VITA NOMINALE

La vita nominale di un'opera strutturale V_N è intesa come il numero di anni nel quale la struttura, purché soggetta alla manutenzione ordinaria, deve potere essere usata per lo scopo al quale è destinata. La vita nominale dei diversi tipi di opere è quella riportata nella Tab. 2.4.I e deve essere precisata nei documenti di progetto.

Tabella 2.4.I – Vita nominale V_N per diversi tipi di opere

TIPI DI COSTRUZIONE		Vita Nominale V_N (in anni)
1	Opere provvisorie – Opere provvisionali - Strutture in fase costruttiva ¹	≤ 10
2	Opere ordinarie, ponti, opere infrastrutturali e dighe di dimensioni contenute o di importanza normale	≥ 50
3	Grandi opere, ponti, opere infrastrutturali e dighe di grandi dimensioni o di importanza strategica	≥ 100

Periodo di riferimento
 V_R per l'azione sismica

$$V_R = V_N \times C_U$$

Tab. 2.4.II – Valori del coefficiente d'uso C_U

CLASSE D'USO	I	II	III	IV
COEFFICIENTE C_U	0,7	1,0	1,5	2,0

Se $V_R \leq 35$ anni si pone comunque $V_R = 35$ anni.

Stati limite			Periodo di riferimento V_R (anni) (vita nominale x coeffic. d'uso)			
			35	50	75	100
		P_{VR} probab. di superamento nel periodo di riferim V_R	Periodo di ritorno terremoto (anni)			
Stati limite di esercizio	SLO	81%	21	30	45	60
	SLD	63%	35	50	75	100
Stati limite ultimi	SLV	10%	332	475	712	949
	SLC	5%	682	975	1462	1950

Spettri di progetto per gli stati limite di esercizio

Per gli stati limite di esercizio lo spettro di progetto $S_d(T)$ da utilizzare è lo spettro elastico corrispondente, riferito alla probabilità di superamento nel periodo di riferimento P_{VR} considerata

Spettri di progetto per gli stati limite ultimi

Ai fini del progetto o della verifica delle strutture le capacità dissipative possono essere messe in conto attraverso una riduzione delle forze elastiche che tiene conto della capacità anelastica della struttura, della sua sovraresistenza, dell'incremento del suo periodo proprio a seguito delle plasticizzazioni. In tal caso, lo spettro di progetto $S_d(T)$ da utilizzare, è lo spettro elastico con le ordinate ridotte sostituendo nelle formule η con $1/q$, dove q è il fattore di struttura definito nel capitolo 7.

E' possibile scaricare il testo delle norme (files PDF) dal sito del Consiglio Superiore dei lavori Pubblici: <http://www.cslp.it/cslp/index.php>



Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici

HOME | CHI SIAMO | COSA FACCIAMO | ATTIVITÀ CONSULTIVA E NORMATIVA | CERTIFICAZIONI E QUALIFICAZIONI

AZIONI SISMICHE - SPETTRI DI RISPOSTA VER. 1.03

E' in linea ed è possibile scaricare la NUOVA VERSIONE 1.03 del programma sperimentale "Spettri di risposta" che fornisce gli spettri di risposta rappresentativi delle componenti (orizzontali e verticale) delle azioni sismiche di progetto per il generico sito del territorio nazionale. [leggi tutto ...](#)

Home
Chi siamo
Cosa facciamo

Home
Nuove Norme Tecniche per le
Costruzioni

E' possibile scaricare anche il programma sperimentale "Spettri di risposta" che fornisce gli spettri di risposta rappresentativi delle componenti (orizzontali e verticale) delle azioni sismiche di progetto per il generico sito del territorio nazionale.



FASE 1. INDIVIDUAZIONE DELLA PERICOLOSITÀ DEL SITO

Ricerca per coordinate LONGITUDINE: 7.768 LATITUDINE: 45.368

Ricerca per comune REGIONE: Piemonte PROVINCIA: Torino COMUNE: Agliè

Elaborazioni grafiche
Grafici spettri di risposta
Variabilità dei parametri

Elaborazioni numeriche
Tabella parametri

Nodi del reticolo intorno al sito

Reticolo di riferimento

Controllo sul reticolo
 Sito esterno al reticolo
 Interpolazione su 3 nodi
 Interpolazione corretta

Interpolazione
superficie rigata

La "Ricerca per comune" utilizza le coordinate ISTAT del comune per identificare il sito. Si sottolinea che all'interno del territorio comunale le azioni sismiche possono essere significativamente diverse da quelle così individuate e si consiglia, quindi, la "Ricerca per coordinate".

INTRO **FASE 1** FASE 2 FASE 3