

MISURA DEI TERREMOTI

Legge del moto, Intensità,
Magnitudo, Energia

sismoscopio di Chang
(132 d.c.)



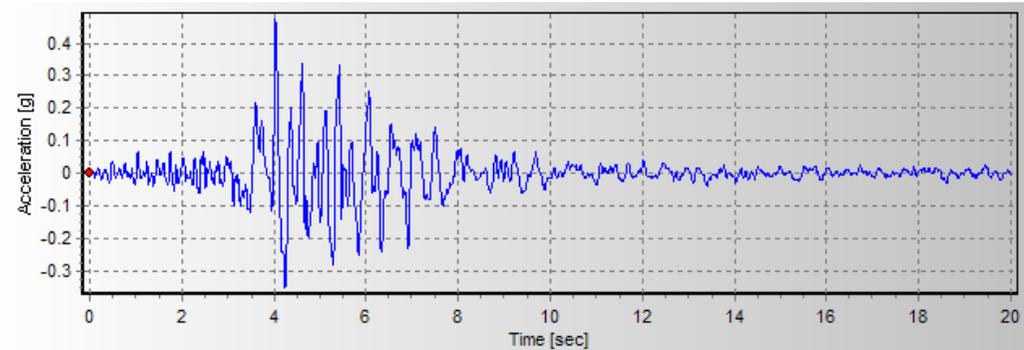
Legge del moto

E' la registrazione della time history di spostamento, velocità, accelerazione di un punto del terreno .

Da queste da informazioni si trae il massimo valore assoluto di:

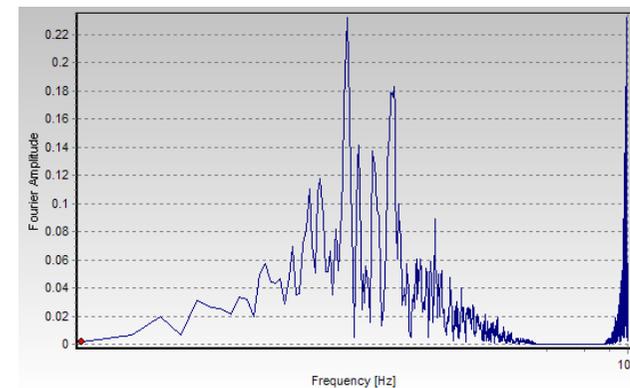
a accelerazione; **v** velocità; **d** spostamento del terreno.

In genere si esprime a in funzione di g: $a=0.3g-0.4g$
è rappresentativa di un terremoto molto violento
($T=500-1000$ anni); $a=0.05g-0.1g$ terremoto ordinario
($T=50$ anni)



Strong motion: vibrazioni di ampiezza e periodo tali da produrre danni su ambiente e infrastrutture (ampiezze fino a circa 1 g e frequenze fino a 20-25Hz) . Per valutare gli effetti dell'attività **strong motion** occorre una descrizione quantitativa e oggettiva del moto sismico al sito mediante le tre componenti della traslazione. Queste sono generalmente misurate e registrate ad es. in termini di accelerazione (accelerogrammi) con un passo sufficientemente piccolo, es 0.01 s.

Le informazioni utili ai fini ingegneristici per rappresentare il moto sismico al sito sono molto meno rispetto a quelle contenute in una registrazione e riguardano: ♦ l'ampiezza ♦ il contenuto in frequenza ♦ la durata. Tali informazioni sono essere ricavate dalla registrazione, ma possono essere sintetizzate in una serie di parametri (parametri del moto sismico).



Intensità: misura la grandezza del terremoto attraverso gli effetti su cose e persone e ambiente naturale

L'intensità macrosismica indica l'intensità del sisma in rapporto agli effetti osservabili sui manufatti e sull'ambiente naturale attorno all'epicentro. **Scale macrosismiche:** scale atte a sintetizzare la severità degli effetti di un terremoto zona per zona tramite un valore numerico: intensità macrosismica. Misurano il terremoto attraverso gli effetti sull'uomo, sulle costruzioni e sull'ambiente: non richiede strumenti ma il confronto con una scala di effetti. È l'unico modo di quantificare il sisma senza strumentazione. Con questa scala si possono portare avanti analisi probabilistiche in quanto si possono attribuire, ad esempio, delle misure ai terremoti passati. Le scale d'intensità più note derivano da quella formulata agli inizi del secolo dal sismologo italiano Giuseppe Mercalli.

L'intensità non dipende solo dal fenomeno geologico-fisico in sé, il suo valore varia in funzione del luogo in cui il terremoto si verifica. Il grado d'intensità si assegna località per località rilevando direttamente i danni e le reazioni delle persone in tutta l'area nella quale il terremoto è stato avvertito. Ad ogni località viene attribuito un grado di intensità corrispondente alla descrizione riportata nella scala prescelta. Riportando su una mappa la distribuzione dell'intensità, le linee di uguale intensità che prendono il nome di isosiste.

Scale di intensità macrosismica

De Rossi (1873) (10 gradi)

Forel (1881); De Rossi, Forel (1883);

Mercalli (1897); Mercalli (1902)

Mercalli-Cancani-Sieberg – MSK (1930) (12 gradi).

Mercalli modificata – MM (1930)

Medvedev, Sponheur, Karnik – MSK (1964)

Medvedev, Sponheur, Karnik – MSK (1981)

European Macroseismic Scale – EMS (1992)

European Macroseismic Scale – EMS (1998)

Le scale macrosismiche attualmente in uso in Europa ed in America sono la scala Mercalli-Cancani-Sieberg (MCS del 1930), la quale, con la precedente scala Mercalli (1887-1910), attualmente non più in uso ma da cui deriva, ha fatto da base a tutte le scale successive.

Nello stesso 1930 è entrata in uso, specialmente negli Stati Uniti d'America, la scala Mercalli Modificata (MM-1930), aggiornata nel 1956.

Rappresenta la prima scala in cui, per l'assegnazione dei gradi più elevati, viene considerata la vulnerabilità degli edifici.

Ad iniziare dal 1964 vengono quindi pubblicate le tre edizioni della Medvedev-Sponheur-Karnik (MSK-1964, 1976 e 1981), utilizzate soprattutto in Europa, e dal 1993 le due edizioni della recente European Macroseismic Scale (EMS-1992 e 1998), che costituisce un aggiornamento della MSK-1981. La EMS venne proposta nel 1992 dalla Commissione Sismologica Europea e, dopo essere rimasta in prova per alcuni anni (1993-1998), fu resa definitiva con alcune modifiche nel 1998 e quindi ufficialmente adottata in Europa. La sua completa utilizzazione in Italia, tuttavia (finora è stata applicata solo in singoli lavori), sembra presentare alcuni problemi collegati al passaggio da MCS ad EMS della enorme mole di valutazioni d'intensità relative ai terremoti storici italiani. 2

La Scala Mercalli (1902)

GRADO	SCOSSA	EFFETTI
I	<i>Strumentale</i>	Avvertita solo dagli strumenti sismici
II	<i>Leggerissima</i>	Avvertita solo da qualche persona ipersensibile o in particolari condizioni
III	<i>Leggera</i>	Avvertita da poche persone
IV	<i>Mediocre</i>	Avvertita da molte persone nelle abitazioni; oscillazioni di oggetti sospesi
V	<i>Forte</i>	Avvertita da persone ferme o in moto e anche addormentate; caduta di oggetti
VI	<i>Molto forte</i>	Avvertita da tutti; leggere lesioni in alcuni edifici
VII	<i>Fortissima</i>	Caduta di fumaiole, lesioni negli edifici, suono di campane
VIII	<i>Rovinoso</i>	Distruzione parziale di qualche edificio; qualche vittima
IX	<i>Disastrosa</i>	Distruzione totale di alcuni edifici, gravi lesioni in altri; vittime non numerose
X	<i>Distruttrice</i>	Distruzione di molti edifici; molte vittime umane; spaccature nel suolo
XI	<i>Catastrofica</i>	Distruzione di centri abitati; moltissime vittime; crepacci e frane nel suolo
XII	<i>Ultracatastrofica</i>	Distruzione di ogni manufatto; pochi superstiti; sconvolgimento del suolo

La Scala MCS - 1930

rispetto alla precedente scala di Mercalli, Sieberg incrementò e migliorò notevolmente le descrizioni degli effetti relativi ad ogni grado, introducendo in modo pressoché sistematico indicazioni sulle quantità di persone che avvertono il terremoto (gradi da I a V) e sulle quantità di edifici danneggiati (gradi da VI a XII); introdusse inoltre, come si può notare dalle specifiche per esteso, i cinque livelli di danno che saranno poi considerati con piccole modifiche anche nelle scale successive.

LA SCALA MCS (1930)

La scala MCS-1930 deriva direttamente dalla scala Mercalli a dodici gradi, ai quali Cancani nel 1903 aveva fatto corrispondere adeguati intervalli di accelerazione. La versione della MCS attualmente in uso è quella modificata nel 1930 da Sieberg, nel cui lavoro viene fornita sia con le specifiche per esteso che in forma ridotta; In generale, Sieberg (1930), rispetto alla precedente scala di Mercalli, incrementò e migliorò notevolmente le descrizioni degli effetti relativi ad ogni grado, introducendo in modo pressoché sistematico indicazioni sulle quantità di persone che avvertono il terremoto (gradi da I a V) e sulle quantità di edifici danneggiati (gradi da VI a XII); introdusse inoltre, come si può notare dalle specifiche per esteso, i cinque livelli di danno che saranno poi considerati con piccole modifiche anche nelle scale successive.

I grado: Impercettibile: rilevato soltanto da sismografi.

II grado: Molto leggero: sentito soltanto da persone estremamente sensibili o nervose, in perfetta quiete e quasi sempre nei piani superiori dei caseggiati.

III grado: Leggero: anche in zone densamente abitate viene percepito come terremoto, soltanto da una piccola parte degli abitanti nell'interno delle case, come nel caso del passaggio di un pesante mezzo. Da alcuni viene riconosciuto come terremoto soltanto dopo averne parlato con altri.

IV grado: Moderato: all'aperto il terremoto è percepito da pochi. Nelle case è notato da numerose persone ma non da tutti, a seguito del tremolio o di oscillazioni leggere di mobili. Cristalleria e vasellame, posti a breve distanza, urtano come al passaggio di un pesante autocarro su strada dissestata. Finestre tintinnano; porte, travi e assi in legno scricchiolano; cricchiano i soffitti. In recipienti aperti, i liquidi vengono leggermente mossi. Si ha la sensazione che in casa si sia rovesciato un oggetto pesante; si oscilla con tutta la sedia o il letto come su una barca. In generale questi movimenti non provocano paura a meno che le persone non si siano innervosite o spaventate a causa di terremoti precedenti. In rari casi i dormienti si svegliano.

V grado: Abbastanza forte: nel pieno delle attività giornaliere, il sisma viene percepito da numerose persone nelle strade e se sensibili anche in campo aperto. In casa si avverte in seguito allo scuotere dell'intero edificio. Piante e piccoli rami di cespugli ed alberi si muovono con evidenza, come se ci fosse un vento moderato. Oggetti pendenti come lampade, tendaggi, lampadari non troppo pesanti entrano in oscillazione, campanelle suonano. Gli orologi a pendolo si fermano od oscillano con maggior periodo, a seconda della direzione della scossa se perpendicolare o normale al moto di oscillazione. A volte orologi a pendolo fermi riprendono il movimento. La luce elettrica guizza o viene a mancare in seguito a movimenti della linea. I quadri urtano, battono contro le pareti oppure si spostano; da recipienti colmi e aperti vengono versate piccole quantità di liquido; ninnoli ed oggetti del genere possono cadere come pure gli oggetti addossati alle pareti; arredi leggeri possono essere spostati di poco; mobili rintonano; porte ed imposte sbattono; vetri delle finestre si infrangono. Quasi tutti i dormienti si svegliano. Sporadici gruppi di persone fuggono all'aperto.

VI grado: Forte: il terremoto viene notato da tutti con paura, molti fuggono all'aperto, alcuni hanno la sensazione d'instabilità. Liquidi si muovono fortemente; quadri, libri e cose simili cadono dalle pareti e dagli scaffali; porcellane si frantumano; suppellettili assai stabili, e perfino pezzi d'arredo vengono spostati se non rovesciati; piccole campane in cappelle e chiese, e orologi di campanili battono. Case isolate, solidamente costruite subiscono danni leggeri; spaccature all'intonaco, caduta del rinzafo di soffitti e di pareti. Danni più forti, ma non ancora pericolosi, si hanno sugli edifici mal costruiti. Qualche tegola e pietra di camino cade.

VII grado: Molto forte: notevoli danni vengono provocati ad oggetti di arredamento anche di grande peso. Grandi campane rintoccano. Corsi d'acqua, stagni e laghi si agitano e s'intorbidiscono a causa della melma moscia. Qua e là, parte delle sponde di sabbia e ghiaia scivolano via. Varia la portata delle sorgenti. Danni moderati a numerosi edifici costruiti solidamente: piccole spaccature nei muri; caduta di toppe piuttosto grandi dell'incalcinatura e dello stucco, a volte anche di mattoni. Caduta generale di tegole. Molti fumaioli vengono lesi da incrinature. Camini già danneggiati si rovesciano sopra il tetto danneggiandolo. Da torri e costruzioni alte cadono decorazioni mal fissate. Quando la casa è a pareti intelaiate, i danni all'incalcinatura e all'intelaiatura sono più gravi. In casi isolati distruzione di case mal costruite oppure riattate.

VIII grado: Rovinoso: interi rami d'albero pendono rotti e perfino si staccano. Anche i mobili più pesanti vengono spostati lontano e a volte rovesciati. Statue, monumenti in chiese, in cimiteri e parchi pubblici, ruotano sul proprio piedistallo oppure si rovesciano. Solidi muri di cinta in pietra si rompono e crollano. Circa un quarto delle case è gravemente leso, alcune crollano, molte diventano inabitabili; gran parte di queste cadono. Negli edifici intelaiati cade gran parte della tamponatura. Case in legno vengono schiacciate o rovesciate. Spesso campanili di chiese e di fabbriche con la loro caduta causano danni agli edifici vicini più di quanto non avrebbe fatto da solo il terremoto. In pendii e terreni acquitrinosi si formano crepe. In terreni bagnati si ha l'espulsione di sabbia e di melma.

IX grado: Distruttivo: circa la metà di case in pietra sono distrutte; molte crollano; la maggior parte diviene inabitabile. Case ad intelaiature sono divelte dalle proprie fondamenta e crollano; travi strappate a seconda delle circostanze contribuiscono alla rovina.

X grado: Completamente distruttivo: gravissima distruzione di circa 3/4 degli edifici, la maggior parte crolla. Perfino costruzioni solide di legno e ponti subiscono gravi lesioni, alcuni vengono distrutti. Argini e dighe ecc., chi più, chi meno, sono danneggiati notevolmente, binari leggermente piegati e tubature (gas, acqua e scarichi) vengono troncate, rotte e schiacciate. Nelle strade lastricate e asfaltate si formano crepe e per pressione sporgono larghe pieghe ondose. In terreni meno densi e più umidi si creano spaccature fino alla larghezza di più decimetri; si notano parallelamente ai corsi d'acqua spaccature che raggiungono larghezze fino a un metro. Non solo pezzi di terreno scivolano dai pendii, ma interi macigni rotolano a valle. Grossi massi si staccano dagli argini dei fiumi e da coste scoscese; riviere basse subiscono spostamenti di masse sabbiose e fangose, per cui il livello del terreno viene notevolmente variato. Le sorgenti subiscono frequenti cambiamenti di livello dell'acqua. Da fiumi, canali e laghi ecc. le acque vengono gettate contro le sponde.

XI grado: Catastrofico: crollo di tutti gli edifici in muratura, resistono soltanto le capanne di legno e le costruzioni ad incastro di grande elasticità. Anche i ponti più sicuri crollano a causa della caduta di pilastri in pietra o del cedimento di quelli in ferro. Binari si piegano fortemente e si spezzano. Tubature interrate vengono spaccate e rese irreparabili. Nel terreno si manifestano vari mutamenti di notevole estensione, a seconda della natura del suolo, si aprono grandi crepe e spaccature; soprattutto in terreni morbidi e acquitrinosi il dissesto è considerevole sia orizzontalmente che verticalmente. Ne segue il trabocco di sabbia e melma con diverse manifestazioni. Sono frequenti lo sfaldamento di terreni e la caduta di massi.

XII grado: Grandemente catastrofico: non regge alcuna opera dell'uomo. Lo sconvolgimento del paesaggio assume aspetti grandiosi. Corsi d'acqua sia superficiali che sotterranei subiscono mutamenti vari, si formano cascate, scompaiono laghi, fiumi deviano.

LA SCALA MSK 64 (1981)

Questa è la scala usata comunemente in Europa ed esprime gli effetti relativamente a :

- persone e il loro ambiente biologico
- strutture (tipo a, b, c)
- ambiente naturale

Esistono delle tabelle che riportano le percentuali di danno relative alle varie tipologie di edifici e la corrispondenza con i gradi di intensità sismica. L'operatore compila la sua tabella e dal confronto tra le due risale al grado di danno.

Viceversa si possono utilizzare le stesse tabelle per fare delle stime di possibili danni relativi ad un sisma di una data intensità, ossia risalire alla vulnerabilità dell'esistente.

TABELLA III - Matrici di probabilità di danno per le tipologie A, B, C della scala MSK

Gradi di danno	Gradi d'intensità						
	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI
classe tipologica A							
0	95	45	0	0	0	0	0
1	5	50	10	0	0	0	0
2	0	5	35	10	0	0	0
3	0	0	50	35	15	0	0
4	0	0	5	50	35	25	0
5	0	0	0	5	50	75	100
classe tipologica B							
0	100	95	15	0	0	0	0
1	0	5	35	10	0	0	0
2	0	0	50	35	10	0	0
3	0	0	0	50	35	15	0
4	0	0	0	5	50	35	25
5	0	0	0	0	5	50	75
classe tipologica C							
0	100	100	50	10	0	0	0
1	0	0	50	35	10	0	0
2	0	0	0	50	35	10	0
3	0	0	0	5	50	35	0
4	0	0	0	0	5	50	50
5	0	0	0	0	0	5	50

La scala MSK (1964 1981) suddivide gli edifici in tre classi di vulnerabilità (A, B e C) collegate direttamente ad altrettanti gruppi di tipologie edilizie; essenzialmente, alla classe A corrispondono gli edifici in muratura più scadente (struttura portante in pietrame), alla classe B gli edifici in muratura più resistente (struttura portante in mattoni) e alla classe C gli edifici con struttura in cemento armato.

I Types of structures (buildings not antiseismic)

- A: buildings in fieldstone, rural structures, adobe houses, clay houses;
- B: ordinary brick buildings, large block construction, half-timbered structures, structures of hewn blocks of stone;
- C: precast concrete skeleton construction, precast large panel construction, well-built wooden structures.

II Definition of quantity

- Single, a few : \leq 10 %
 Many : 20 - 50 %
 Most : \geq 60 %

III Classification of damage to buildings

- Grade 1: Slight damage: Fine cracks in plaster; fall of small pieces of plaster.
- Grade 2: Moderate damage: Small cracks un walls; fall of fairly large pieces of plaster; pantiles slip off; cracks in chimneys; parts of chimneys fall down.
- Grade 3: Heavy damage: Large and deep cracks in walls; fall of chimneys.
- Grade 4: Destruction: Gaps in walls; parts of buildings may collapse; separate parts of the buildings lose their cohesion; inner walls and filled-in walls of the frame collapse.
- Grade 5: Total damage: Total collapse of buildings.

to shake. Hanging objects swing slightly. Liquids in open vessels are slightly disturbed. In standing motor cars the shock is noticeable.

b) -

c) -

I. Not noticeable

a) The intensity of the vibration is below the limit of sensibility; the tremor is detected and recorded by seismographs only.

b) -

c) -

II. Scarcely noticeable (very slight)

a) Vibration is felt only by individual people at rest in houses, especially on upper floors of buildings.

b) -

c) -

III. Weak

a) The earthquake is felt indoors by a few people, outdoors only in favourable circumstances. The vibration is weak. Attentive observers notice a slight swinging of hanging objects, somewhat more heavily on upper floors.

b) -

c) -

IV. Largely observed

a) The earthquake is felt indoors by many people, outdoors by few. Here and there people awake, but none is frightened. The vibration is moderate. Windows, doors and dishes rattle. Floors and walls creak. Furniture begins

V. Strong

a) The earthquake is felt indoors by most, outdoors by many. Many sleeping people awake. A few run outdoors. Animals become uneasy. Buildings tremble throughout. Hanging objects swing considerably. Pictures swing out of place. Occasionally pendulum clocks stop. Unstable objects may be overturned or shifted. Open doors and windows are thrust open and slam back again. Liquids spill in small amounts from well-filled open containers. The vibration is strong, resembling sometimes the fall of a heavy object in the building.

b) damages of grade 1 in few buildings of type A is possible.

c) Sometimes change in flow of springs.

VI. Slight damage

a) Felt by most indoors and outdoors. Many people in buildings are frightened and run outdoors. A few persons lose their balance. Domestic animals run out of their stalls. In few instances dishes and glassware may break, books fall down. Heavy furniture may possibly move and small steeple bells may ring.

b) Damage of grade 1 is sustained in single buildings of type B and in many of type A. Damage in few buildings of type A is of grade 2.

c) In few cases cracks up to widths of 1 cm are possible in wet ground; in mountains occasional land-slips; change in flow of springs and in level of well-water are observed.

VII. Damage to buildings

a) Most people are frightened and run outdoors. Many find it difficult to stand. The vibration is noticed by persons driving motor cars. Large bells ring.

b) In many buildings of type C damage of grade 1 is caused; in many buildings of type B damage is of grade 2. Many buildings of type A suffer damage of grade 3, few of grade 4. In single instances landslips of roadway on steep slopes; locally cracks in roads and stone walls.

- c) Waves are formed on water, and water is made turbid by mud stirred up. Water levels in wells change, and the flow of springs changes. In few cases dry springs have their flow restored and existing springs stop flowing. In isolated instances parts of sandy or gravelly banks slip off.

VIII. Destruction of buildings

- a) General fright; few people show panic, also persons driving motor cars are disturbed. Here and there branches of trees break off. Even heavy furniture moves and partly overturns. Hanging lamps are in part damaged.
- b) Many buildings of type C suffer damage of grade 2, and few of grade 3. Many buildings of type B suffer damage of grade 3, and few of grade 4. Many buildings of type A suffer damage of grade 4, and few of grade 5. Memorials and monuments move and twist. Tombstones overturn. Stone walls collapse.
- c) Small land-slips in hollows and on banked roads on steep slopes; cracks in ground up to widths of several centimetres. New reservoirs come into existence. Sometimes dry wells refill and existing wells become dry. In many cases change in flow and level of water or wells.

IX. General damage to buildings

- a) General panic; considerable damage of furniture. Animals run to and fro in confusion and cry.
- b) Many buildings of type C suffer damage of grade 3, a few of grade 4. Many buildings of type B show damage of grade 4; a few of grade 5. Many buildings of type A suffer damage of grade 5. Monuments and columns fall. Reservoirs may heavy damage. In individual cases railway lines are bent and roadways damaged.
- c) On flat land overflow of water, sand and mud is often observed. Ground cracks to widths of up to 10 cm, in slopes and river banks more than 10 cm; furthermore a large number of slight cracks in ground; falls of rocks, many landslides and earth flows; large waves on water.

X. General destruction of buildings

- b) Many buildings of type C suffer damage of grade 4, a few of grade 5. Many buildings of type B show damage of grade 5, most of type A collapse. Dams, dykes and bridges may show severe to critical damage. Railways lines are bent slightly. Road pavement and asphalt shows waves.

- c) In ground, cracks up to widths of several decimetres, sometimes up to 1 meter. Broad fissures occur parallel to water courses. Loose ground slides from steep slopes. Considerable landslides are possible from river banks and steep coasts. In coastal areas displacement of sand and mud; water from canals, lakes, rivers etc. thrown on land. New lakes occur.

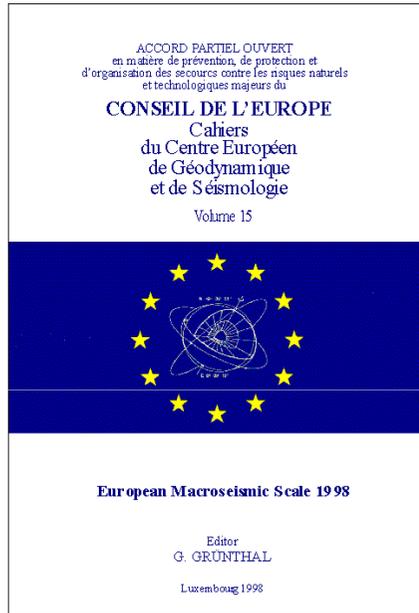
XI. Catastrophe

- b) Destruction of most and collapse of many buildings of type C. Even well built bridges and dams may be destroyed and railway lines largely bent, thrust or buckled; highways become unusable; underground pipes destroyed.
- c) Ground fractured considerably by broad cracks and fissures, as well as by movement in horizontal and vertical directions; numerous landslides and falls of rock. The intensity of the earthquake requires to be investigated specially.

XII. Landscape changes

- b) Practically all structures above and below ground are heavily damaged or destroyed.
- c) The surface of the ground is radically changed. Considerable ground cracks with extensive vertical and horizontal movements are observed. Falls of rock and slumping of river banks over wide areas; lakes are dammed; waterfalls appear, and rivers are deflected. The intensity of the earthquake requires to be investigated specially.

La **European Macroseismic Scale (EMS)** si sta affermando in Europa in luogo della precedente scala MSK64 (Medvedev, Sponheuer and Karnik) nel tentativo di mettere ordine nella gran messe di scale esistenti e di rendere piu' scientificamente affidabile l'uso delle procedure per l'assegnazione del grado di intensita'. Una novita' di questa scala riguarda anche l'appendice costituita da esempi di assegnazioni del grado di intensita' con documentazione fotografica dell'edificio su cui e' stata effettuata la valutazione.



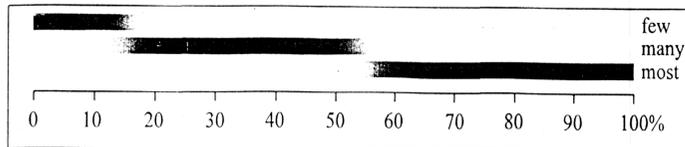
Classifications used in the European Macroseismic Scale (EMS)

Differentiation of structures (buildings) into vulnerability classes (Vulnerability Table)

Type of Structure	Vulnerability Class					
	A	B	C	D	E	F
MASONRY	rubble stone, fieldstone	○				
	adobe (earth brick)	○	—			
	simple stone	○	—			
	massive stone	○	—	—		
	unreinforced, with manufactured stone units	○	—	—		
	unreinforced, with RC floors reinforced or confined	○	—	—	—	
REINFORCED CONCRETE (RC)	frame without earthquake-resistant design (ERD)	○	—	—		
	frame with moderate level of ERD	○	—	—	—	
	frame with high level of ERD	○	—	—	—	—
	walls without ERD	○	—	—		
STEEL	walls with moderate level of ERD	○	—	—		
	walls with high level of ERD	○	—	—	—	
	steel structures	○	—	—	—	
WOOD	timber structures	○	—	—		

○ most likely vulnerability class; — probable range;range of less probable, exceptional cases

Definitions of quantity



Classification of damage to masonry buildings	
	Grade 1: Negligible to slight damage (no structural damage, slight non-structural damage) Hair-line cracks in very few walls. Fall of small pieces of plaster only. Fall of loose stones from upper parts of buildings in very few cases.
	Grade 2: Moderate damage (slight structural damage, moderate non-structural damage) Cracks in many walls. Fall of fairly large pieces of plaster. Partial collapse of chimneys
	Grade 3: Substantial to heavy damage (moderate structural damage, heavy non-structural damage) Large and extensive cracks in most walls. Roof tiles detach. Chimneys fracture at the roof line; failure of individual non-structural elements (partitions, gable walls).
	Grade 4: Very heavy damage (heavy structural damage, very heavy non-structural damage) Serious failure of walls; partial structural failure of roofs and floors.
	Grade 5: Destruction (very heavy structural damage) Total or near total collapse.

I. Not felt

- a) Not felt, even under the most favourable circumstances.
- b) No effect.
- c) No damage.

II. Scarcely felt

- a) The tremor is felt only at isolated instances (<1%) of individuals at rest and in a specially receptive position indoors.
- b) No effect.
- c) No damage.

III. Weak

- a) The earthquake is felt indoors by a few. People at rest feel a swaying or light trembling.
- b) Hanging objects swing slightly.
- c) No damage.

IV. Largely observed

- a) The earthquake is felt indoors by many and felt outdoors only by very few. A few people are awakened. The level of vibration is not frightening. The vibration is moderate. Observers feel a slight trembling or swaying of the building, room or bed, chair etc.
- b) China, glasses, windows and doors rattle. Hanging objects swing. Light furniture shakes visibly in a few cases. Woodwork creaks in a few cases.
- c) No damage.

V. Strong

- a) The earthquake is felt indoors by most, outdoors by few. A few people are frightened and run outdoors. Many sleeping people awake. Observers feel a strong shaking or rocking of the whole building, room or furniture.
- b) Hanging objects swing considerably. China and glasses clatter together. Small, top-heavy and/or precariously supported objects may be shifted or fall down. Doors and windows swing open or shut. In a few cases window panes break. Liquids oscillate and may spill from well-filled containers. Animals indoors may become uneasy.
- c) Damage of grade 1 to a few buildings of vulnerability class A and B.

VI. Slightly damaging

- a) Felt by most indoors and by many outdoors. A few persons lose their balance. Many people are frightened and run outdoors.
- b) Small objects of ordinary stability may fall and furniture may be shifted. In few instances dishes and glassware may break. Farm animals (even outdoors) may be frightened.
- c) Damage of grade 1 is sustained by many buildings of vulnerability class A and B; a few of class A and B suffer damage of grade 2; a few of class C suffer damage of grade 1.

VII. Damaging

- a) Most people are frightened and try to run outdoors. Many find it difficult to stand, especially on upper floors.
- b) Furniture is shifted and top-heavy furniture may be overturned. Objects fall from shelves in large numbers. Water splashes from containers, tanks and pools.
- c) Many buildings of vulnerability class A suffer damage of grade 3; a few of grade 4. Many buildings of vulnerability class B suffer damage of grade 2; a few of grade 3. A few buildings of vulnerability class C sustain damage of grade 2. A few buildings of vulnerability class D sustain damage of grade 1.

VIII. Heavily damaging

- a) Many people find it difficult to stand, even outdoors.
- b) Furniture may be overturned. Objects like TV sets, typewriters etc. fall to the ground. Tombstones may occasionally be displaced, twisted or overturned. Waves may be seen on very soft ground.
- c) Many buildings of vulnerability class A suffer damage of grade 4; a few of grade 5. Many buildings of vulnerability class B suffer damage of grade 3; a few of grade 4. Many buildings of vulnerability class C suffer damage of grade 2; a few of grade 3. A few buildings of vulnerability class D sustain damage of grade 2.

IX. Destructive

- a) General panic. People may be forcibly thrown to the ground.
- b) Many monuments and columns fall or are twisted. Waves are seen on soft ground.
- c) Many buildings of vulnerability class A sustain damage of grade 5. Many buildings of vulnerability class B suffer damage of grade 4; a few of grade 5. Many buildings of vulnerability class C suffer damage of grade 3; a few of grade 4. Many buildings of vulnerability class D suffer damage of grade 2; a few of grade 3. A few buildings of vulnerability class E sustain damage of grade 2.

X. Very destructive

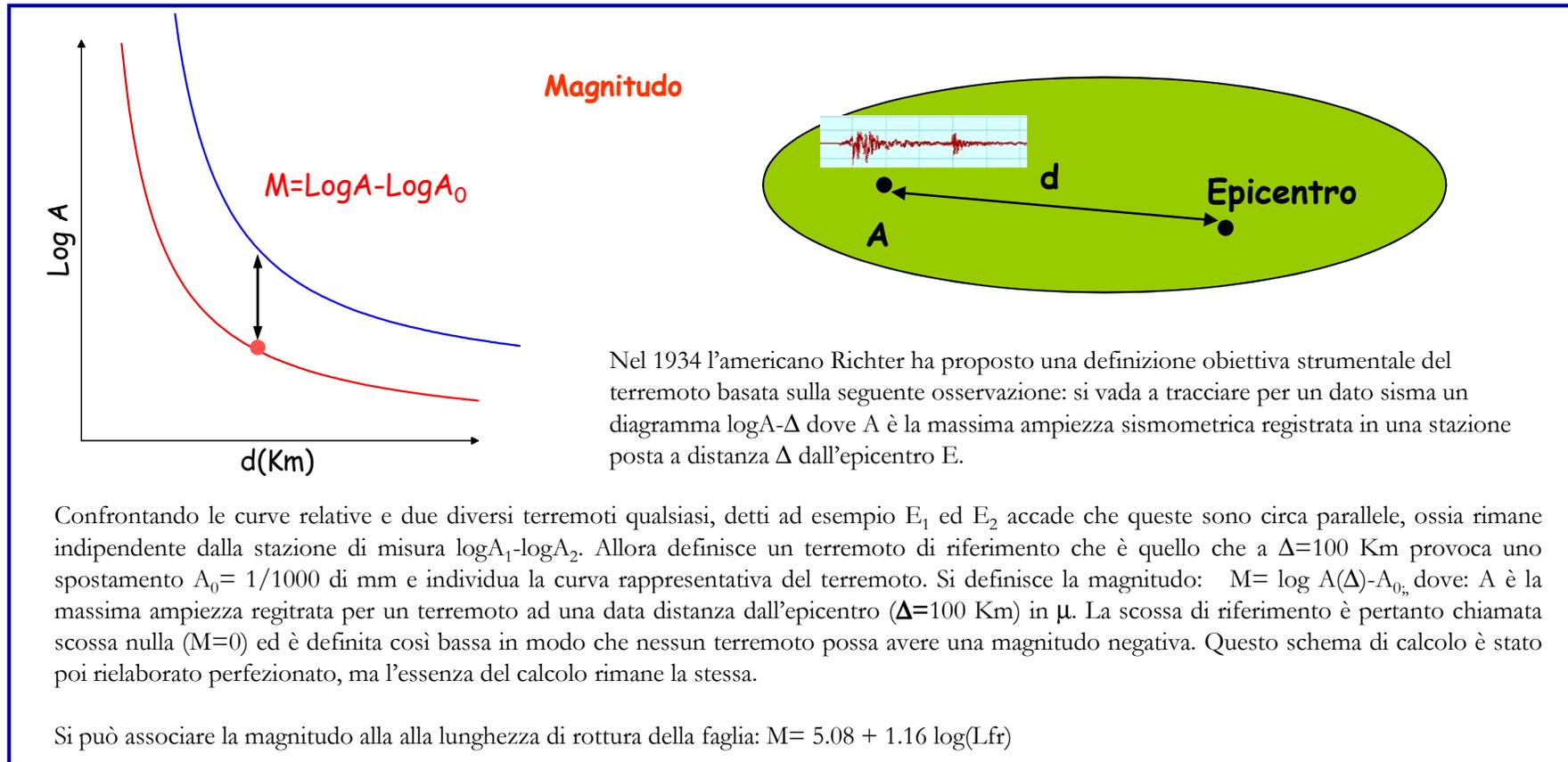
- c) Most buildings of vulnerability class A sustain damage of grade 5. Many buildings of vulnerability class B sustain damage of grade 5. Many buildings of vulnerability class C suffer damage of grade 4; a few of grade 5. Many buildings of vulnerability class D suffer damage of grade 3; a few of grade 4. Many buildings of vulnerability class E suffer damage of grade 2; a few of grade 3. A few buildings of vulnerability class F sustain damage of grade 2.

XI. Devastating

- c) Most buildings of vulnerability class B sustain damage of grade 5. Most buildings of vulnerability class C suffer damage of grade 4; many of grade 5. Many buildings of vulnerability class D suffer damage of grade 4; a few of grade 5. Many buildings of vulnerability class E suffer damage of grade 3; a few of grade 4. Many buildings of vulnerability class F suffer damage of grade 2; a few of grade 3.

XII. Completely devastating

- c) All buildings of vulnerability class A, B and practically all of vulnerability class C are destroyed. Most buildings of vulnerability class D, E and F are destroyed. The earthquake effects have reached the maximum conceivable effects.



Scala Mercalli	Effetti	Scala Richter
I	Non percepito	2
II	Percezione crescente	3
III	Reazioni di paura	3
IV	Caduta di oggetti senza danni	4
V		4
VI	Danni lievi	5
VII		5
VIII	Crolli e distruzione di una percentuale crescente di edifici	6
IX		6
X		7
XI		7
XII	Storicamente mai raggiunto	

la formula generale su cui è basata qualsiasi scala per la misura della magnitudo (M) è:

$$M = \log\left(\frac{A}{T}\right) + f(\Delta, h) + C_s + C_r$$

in cui A è lo spostamento del terreno della fase sulla quale stiamo calcolando la magnitudo, T è il periodo del segnale, $f(\Delta, h)$ è una funzione di calibrazione della distanza epicentrale Δ e della profondità focale h , C_s è una correzione per il sito della stazione (cioè, la variabilità dell'ampiezza del segnale dovuta al tipo di roccia su cui è situato il sismometro) e C_r è la correzione per la regione della sorgente. La scala logaritmica è usata perché l'ampiezza delle onde sismiche varia enormemente.

Per estendere l'idea originale di Richter alla misura di terremoti sulle medie e grandi distanze e a registrazioni effettuate ad altre frequenze con differenti tipi di sismometri, furono in seguito introdotte dagli scienziati delle nuove scale di magnitudo (definite sempre in modo tale che nel proprio range di validità ognuna sia equivalente alla magnitudo Richter).

Scale di magnitudo: M_L $M_L = \log A - \log A_0$ (Magnitudo Richter o Locale)

È la magnitudo locale di un terremoto in cui A è il valore massimo della traccia (misurata in mm) sul sismografo Wood-Anderson e il termine $-\log A_0$ tiene conto dell'attenuazione della traccia con la distanza dell'epicentro. Lo zero della scala è arbitrario. Per non dover considerare la magnitudo con valori negativi, si scelse il valore di $-\log A_0=3$ per una traccia di 1 mm di un terremoto ad una distanza epicentrale di 100 Km. Quindi, i terremoti registrati da una rete di sismografi Wood-Anderson a distanza dall'epicentro superiore a 100 Km hanno generalmente magnitudo maggiore di 3.

Scale di magnitudo: m_b

• m_b : Per terremoti profondi, oltre le distanze regionali, quando l'arrivo dell'onda P avviene in una fase distinta. $m_b = \log \frac{A}{T} + f(\Delta, h)$

Il valore originariamente proposto da Gutenberg era $m_b = \log \frac{A}{12} + 0.01\Delta + 5.9$

Scale di magnitudo: M_s

Oltre i 600 Km, per le onde di superficie, quando i sismogrammi dei terremoti superficiali sono dominati dalle onde di superficie

$$M_s = \log A_{20} + 1.66\Delta + 2.0$$

Scale di magnitudo: M_w

SCALA DEL MOMENTO SISMICO, introdotta per misurare meglio i terremoti locali più forti, che la scala Richter non stima bene perché tende a “saturare” intorno alla magnitudo 6,5. Tiene conto, oltre che del movimento del suolo, anche dell'energia rilasciata nell'evento

Energia:

misura l'energia liberata dalla sorgente del sisma sotto forma di onde elastiche.

Si può calcolare l'energia considerando la risposta di una particella a un campo sismico transiente. Al passaggio dell'onda, la particella, che ha una sua energia potenziale, acquisterà velocità e quindi energia cinetica. La somma delle energie cinetica e potenziale integrata sul tempo è l'energia totale.

Per un'onda monocromatica di ampiezza A e periodo T :

$$\log E = \log F(r, \rho, c) + 2 \log \left(\frac{A}{T} \right)$$

Dove r è la distanza percorsa, ρ è la densità del mezzo e c è la velocità dell'onda in quel mezzo.

Gutenberg e Richter (1950) hanno trovato una relazione empirica per E e M :

$$\log E = 11.8 + 1.5 M \text{ (erg)}$$

in cui per ciascuna unità di M l'ampiezza del moto aumenta di un fattore 10 e l'energia di un fattore 32

LEGGI DI ATTENUAZIONE

Espressioni empiriche che descrivono l'attenuazione del moto sismico, del tipo:

$$\log(\alpha_{\max}) = b_1 + b_2 M - b_3 \log \sqrt{r^2 + h^2} + b_4 S + \varepsilon$$

α_{\max} = massima accelerazione sismica del suolo o velocità

M = magnitudo

r = distanza dalla sorgente

h = termine correttivo

$S=0$ per roccia, $S=1$ siti alluvionali

b_i = coefficienti numerici

ε = errore

NOTA:

Magnitudo, energia, legge del moto richiedono uno strumento di misura. L'intensità è una grandezza meno rappresentativa perché legata alle condizioni della misura, ma consente di classificare i terremoti del passato. Legge del moto e intensità dipendono dalla distanza dall'epicentro del sito considerato

Cataloghi sismici



Catalogo NT prodotto dal GNDT (<http://emidius.mi.ingv.it/NT>).



Catalogo dei forti terremoti in Italia (CFT) prodotto dall'INGV (<http://storing.ingv.it/cft4med/>).

un catalogo parametrico
aggiornato è disponibile a
<http://emidius.mi.ingv.it/CFTI04/>

an updated parametric catalogue at
<http://emidius.mi.ingv.it/CFTI04/>

NT4.1.1 luglio 1997,
con aggiornamenti 1981-1992
(marzo 1998)
[per informazioni](#)

database delle
osservazioni
macro-sismiche

Gruppo Nazionale
per la Difesa
dei Terremoti

Consiglio Nazionale
delle Ricerche

NT4.1
per i giochi di hazard

a cura di
Romano Camassi e Massimiliano Stucchi
aggiornamento marzo 1998

Sei il visitatore n.
60491
dal 20 novembre 1996

Guest book

si consiglia l'uso di
Netscape v. 3.0

CFTI4MED CATALOGUE of STRONG EARTHQUAKES in ITALY 461 B.C. - 1997 and MEDITERRANEAN AREA 760 B.C. - 1500
An Advanced Laboratory of Historical Seismology - E. Guidoboni, G. Ferrari, D. Mariotti, A. Comastri, G. Tarabusi, G. Valensise

Currently shown earthquakes: STRONG

Map Layers management

Show legends (All)

- Earthquake Felt Localities
- Earthquake Box
- Earthquake Location
- Felt Localities (Selected only)
- Earthquakes (Selected only)
- Earthquakes Boxes
- Earthquakes
- Administrative
- Topography

Keymap

Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia SGAA Storia Geofisica Ambiente

Cataloghi sismici



Dopo successivi aggiornamenti si è pervenuto ad un catalogo unitario:

Catalogo parametrico dei terremoti italiani (CPTI)
dal 217 ac al 1992.

Recentemente aggiornato nel *CPTI99*, *CPTI04*, *CPTI08*

Catalogo parametrico dei terremoti italiani:

- 1) aggiornamento al 1992
- 2) magnitudo momento sulla base di relazioni aggiornate
- 3) revisione della magnitudo macrosismica (magnitudo che si associa ai terremoti prestrumentali)

In termini di magnitudo momento:

$$M_w = 0.430 I_0 + 2.182$$

In termini di magnitudo onde di superficie:

$$M_s = 0.561 I_0 + 0.937$$

Aggiornamento successivo: CPTI2

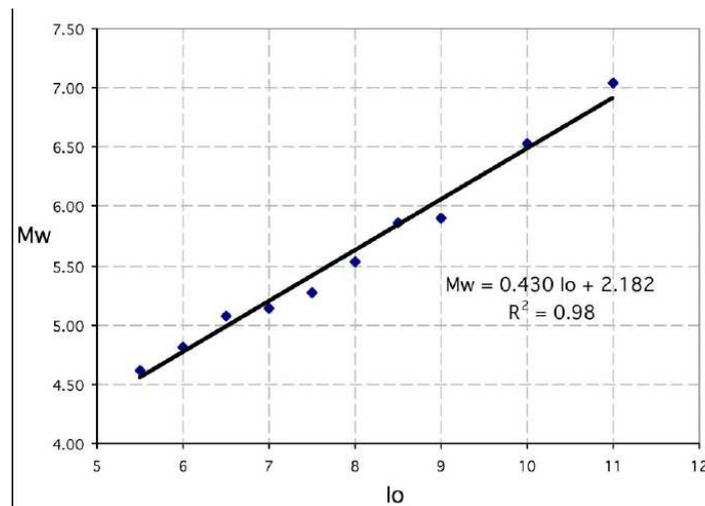
Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia

CATALOGO PARAMETRICO DEI TERREMOTI ITALIANI

CPTI08 (dicembre 2008)

- **Presentazione**
- Finestre temporali
 - 1000 - 1600
 - 1601 - 1900
 - 1901 - 2006**
- CPTI04
- CPTI99

Per informazioni [M. Stucchi](#) Sito aggiornato al 19.12.2008



Tipicamente, un catalogo condensa le informazioni essenziali in una unica riga

tratto dal catalogo CPTI:

Finestra temporale: 1900 - 1963

N	Tr	Ye	Mo	Da	Ho	Mi	Se	Ax	Rt	Os	Nmo	Nip	Ix	Io	Lat	Lon	Pa	Sz	Ta	Agm	Ms	Td	Nio	Sd	Mm	H
1365	CP	1900	01	29	04	22		SCAFA	POS85	1P				60	42.300	13.967		53	G		44	M		35	44	05
222	DB	1900	03	04	16	55		VALDOBBIADENE	GDTSP	6U	100	65	65	60	45.850	12.067		06	G		44	M		35	44	38
483	CP	1900	04	05	22	27	30	BAGNI	POS85	1P				60	44.300	7.050		22	G		44	M		35	44	H2
484	CP	1900	04	22	00	20		BUSSANA	POS85	1P				60	43.800	7.933		22	G		44	M		35	44	H2
1136	DB	1900	05	19	16	55		ARRONE	GDTSP	6U	16	10	70	65	42.583	12.783		47	G		47	M		45	47	
2365	CP	1900	08	06	23	05		SPITZMEILEN	VGL91	4P				60	47.017	9.150		98	G		44	M		35	44	
1366	CP	1900	08	10	04	28	13	TERAMO OVEST	POS85	1P				60	42.650	13.650		53	G		44	M		35	44	
1037	CP	1900	08	11	19			CASTEL RITALDI	POS85	1P				55	42.833	12.583		45	G		42	M		31	42	
400	DB	1900	08	16	21			CANAVESE	GDTSP	6U	3	3	60	60	45.417	7.450		16	G		44	M		35	44	
721	CP	1900	08	28	16	38		CASTELLINA	POS85	1P				55	43.483	11.300		32	G		42	M		31	42	
1495	CP	1900	12	23	22	30		BASSO ADRIATICO	POS85	1P				55	41.917	15.333		60	G		42	M		31	42	H2
1367	CP	1901	01	15	14	30		CIVITAQUANA	POS85	1P				60	42.267	13.900		53	G		44	M		35	44	
985	DB	1901	01	19	05	15		ORVIETO	ENL95	1U	6	3	60	55	42.717	12.100		44	G		42	M		31	42	H1
880	CP	1901	01	20	06	30		POGGIO RUSCO	POS85	4P				60	45.000	11.100		39	A		44	M		35	44	
2366	CP	1901	02	15	05	30		THONON LES B.	VGL91	4P				60	46.450	6.400		98	G		44	M		35	44	
2367	CP	1901	02	16	20	06	15		RIB82	4P				65	46.167	15.000		98	G		47	M		45	47	
426	CP	1901	03	29	07	05		M. LERA	POS85	1P				55	45.167	7.167		19	G		42	M		31	42	H2
445	CP	1901	04	20	09	35	05	BOVES	POS85	1P				60	44.333	7.500		20	G		44	M		35	44	10
986	DB	1901	04	24	14	20		MONTELIBRETTI	SPA85C	5P	44	29	80	75	42.083	12.717		44	G		52	M		43	52	
1790	DB	1901	05	11	11	10		NICOLOSI	BAA80	5P	14	10	70	65	37.617	15.017		73	G		41	E		43	41	01

Io: intensità epicentrale ($\times 10$)

Mm: magnitudo macrosismica ($\times 10$)

Ms: magnitudo strumentale ($\times 10$)

NOTA: 24 terremoti tra il 217ac e il 1000; 169 eventi tra il 1000 e il 1500; 2286 eventi tra il 1500 e il 1992

1° passo: indagine storica
 misure della magnitudo
 magnitudo da Intensità macrosismica e osservazioni geomorfologiche

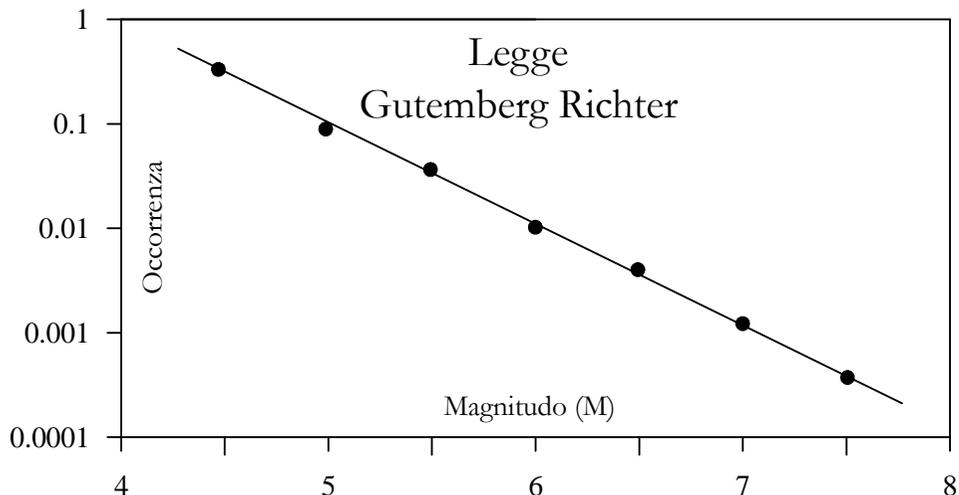
2° passo: legge di occorrenza $\log v = a - b M$

3° passo: modello probabilistico (POISSON)

relazione frequenza magnitudo (Legge Gutenberg Richter)

Numero medio dei terremoti nell'unità di tempo e di volume con magnitudo $>M$: $\log v = a - b M$

dove v è il numero di eventi di magnitudo M o superiore per una data regione e per un fissato intervallo di tempo, a una costante e rappresenta il livello di sismicità della zona considerata, b è la pendenza della retta. Il valore di b differisce a seconda del tipo di terremoto: valori di b fra 0.6 e 1.2 si osservano comunemente per i terremoti tettonici, mentre valori maggiori di 1.5 sono associati a terremoti di tipo vulcanico. Mediamente $b=1$ nelle province sismogenetiche terrestri
 dove $b \ll 1$ (pendenza della retta modesta) i terremoti piccoli sono pochi rispetto a quelli forti
 dove $b > 1$ (pendenza della retta forte) significa che i terremoti piccoli sono prevalenti



PROVINCIA	$\log N = a - bM$	LIMITE SUPERIORE DELLA MAGNITUDO
Alsazia e Vosgi	-1.65 - 0.94 M	6.70
Fossa Renana	-0.33 - 0.99 M	6.80
Germania Meridionale	-0.63 - 1.00 M	6.20
Giura	-1.12 - 0.98 M	5.70
Molassa	-1.20 - 1.06 M	5.40
Elvetidi	-0.85 - 1.02 M	6.70
Alpi Occidentali	-0.81 - 0.96 M	6.90
Alpi Orientali	-1.00 - 1.03 M	5.40
Alpi Meridionali Zona di Ivrea	-1.77 - 0.86 M	6.30
Alpi Lombarde	-0.64 - 1.10 M	5.40
Zona del Garda	-0.86 - 0.85 M	7.30
Dolomiti	-2.33 - 1.00 M	5.20
Dinaridi	-0.43 - 1.02 M	6.50
Po	-0.72 - 1.04 M	6.30
Friuli	0.20 - 1.05 M	7.20
Appennini	-0.31 - 0.97 M	7.00
Adriatico	-1.09 - 0.97 M	6.30

Nota: (1) N rappresenta il numero di eventi per anno per kilometro quadrato con magnitudo M o maggiore

MESSINA E
REGGIO CALABRIA

1908



MARSICA 1915



BELICE 1968



FRIULI 1976



IRPINIA 1980



UMBRIA E
MARCHE 1997



L'AQUILA 2009

