

I terremoti e la sismologia

La sismologia è una branca della geofisica che studia i terremoti o sismi e la struttura interna della terra.

Il terremoto è una improvvisa vibrazione del terreno prodotta da una brusca liberazione di energia che si propaga in tutte le direzioni sotto forma di onde, rompendo grosse masse di roccia situate nel sottosuolo.

Possiamo distinguere due tipi di terremoti: i terremoti vulcanici e quelli tettonici.

I primi sono vibrazioni del suolo provocate dal magma in risalita e vengono generalmente indicati col termine di "tremori". Sono superficiali e riguardano aree di modesta superficie. I secondi, veri e propri terremoti, sono quelli provocati dallo scorrimento di masse rocciose in corrispondenza di una faglia (frattura scomposta della crosta terrestre).

Ecco perché le zone soggette più frequentemente ai terremoti sono quelle situate in prossimità di fratture della crosta terrestre, le stesse che consentono alla materia del mantello di risalire in superficie e di originare i fenomeni vulcanici.

Il primo ad associare i terremoti allo scorrimento di strati di roccia fu il sismologo americano H.F.Reid che, studiando il terremoto che nel 1906 distrusse la città di San Francisco, collegò il sisma allo scorrimento di due lembi della faglia di San Andreas, la lunga frattura che segna il confine fra la penisola californiana e il continente americano.

In corrispondenza della frattura erano evidenti le prove che i due blocchi scorrevano l'uno rispetto all'altro in versi opposti: bastava osservare l'allineamento di alcuni

elementi del paesaggio (binari, file di alberi), collocati su bordi opposti della faglia, per rendersi conto che il terreno si era modificato nel tempo e continuava a farlo.



Effetti di un terremoto sull'allineamento dei binari ferroviari

Per capire in che modo l'energia può "modificare" le rocce si può ricorrere ad un semplice esempio. Supponiamo di avere tra le mani un bastoncino di legno e di volerlo piegare: fino ad un certo punto il legno sforzato si piegherà senza rompersi, accumulando una certa quantità d'energia (energia elastica) e, se smettiamo d'applicare la nostra forza esso tornerà diritto come prima o quasi. Se invece continuiamo a piegare il ramo, esso, ad un certo punto, si spezzerà. Nell'istante della rottura lo sforzo (flessione) a cui era sottoposto il ramo ritorna di colpo a zero.



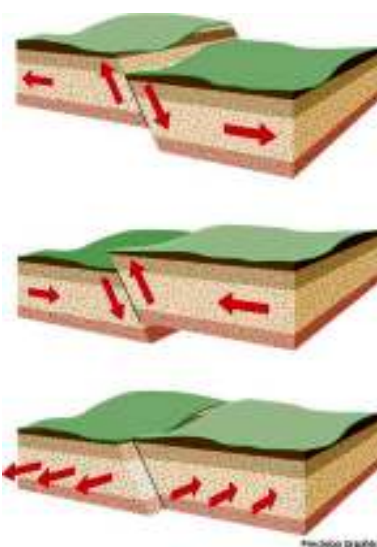
Grazie a tali osservazioni H.F.Reid arrivò alla conclusione che le rocce della crosta terrestre reagiscono alla applicazione di una forza come il ramo dell'esempio e giunse a formulare la teoria del rimbalzo elastico, tuttora accettata.

Quando un blocco crostale è sottoposto a sforzi, si comporta elasticamente: invece di fratturarsi subito si deforma lentamente, ma nel contempo accumula energia elastica. Continuando lo sforzo, l'energia accumulata supera un punto critico, detto carico di rottura, e le rocce si spaccano improvvisamente.

A questo punto i bordi della frattura entrano in oscillazione liberando l'energia elastica, che si era andata accumulando per decine o centinaia d'anni, sotto forma di onde sismiche, vibrazioni che si propagano nel terreno provocando un improvviso e rapido scuotimento del suolo: il terremoto.

passa vicino a San Francisco e che si estende per più di 5000 km.

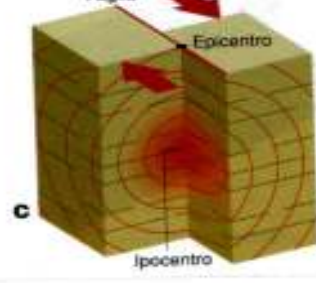
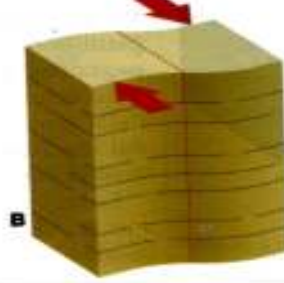
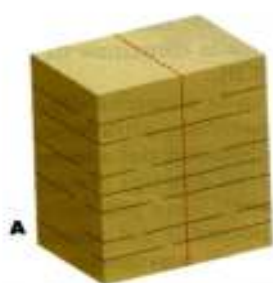
Il luogo nel sottosuolo dove ha origine un terremoto è detto ipocentro o fuoco, mentre la sua proiezione sulla superficie terrestre è detta epicentro.



Tre differenti tipi di faglie

Una volta che il sisma si è esaurito inizia ad accumularsi nuova energia e la faglia si rimetterà in movimento solo quando lo sforzo applicato avrà superato un certo limite.

Si avrà così un nuovo scatto e quindi un nuovo terremoto.



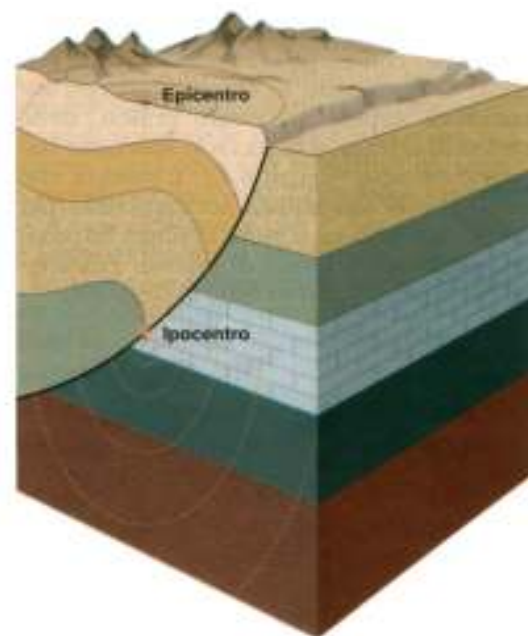
Rappresentazione del comportamento elastico di una massa di rocce durante un terremoto.

Di solito queste rotture, e i conseguenti spostamenti, si hanno lungo linee preferenziali, le faglie, perché lungo tali linee è minore la resistenza della roccia sottoposta a pressione. In corrispondenza della faglia i due blocchi rocciosi separati hanno un movimento reciproco.

Nei grandi terremoti lo spostamento relativo può giungere a 15 metri.

Una delle faglie più studiate è quella di San Andreas in California, che

Le faglie si muovono per scatti ricorrenti, è perciò lungo tali faglie ci si devono aspettare terremoti altrettanto ricorrenti. I terremoti sono fenomeni ciclici, caratterizzati da un periodo che dipende dalle caratteristiche geologiche del suolo e dalle forze che agiscono all'interno del pianeta. E' possibile prevedere in una certa regione (spazio) un approssimativo periodo di ritorno dei fenomeni sismici (cioè il periodo di tempo che intercorre tra due eventi di una certa intensità) basandosi su dati storici. La conoscenza del periodo di ritorno permette una previsione statistica della attività fisica nell'area considerata. Più ravvicinati sono i terremoti, minore è l'energia elastica accumulata e minore è l'entità delle scosse. Più lungo è l'intervallo di tempo tra due eventi sismici (50, 100, 200 anni), più violento e disastroso è il sisma che si produce, perché è maggiore l'energia accumulata nel frattempo. S.M.



L'Epicentro e l'Ipocentro di un terremoto

Le onde sismiche

L'energia che si libera durante un terremoto è diffusa attraverso le rocce circostanti mediante due tipi di onde sismiche:

1. onde di volume, cioè quelle che coinvolgono un volume e quindi, in questo caso, la terra stessa;
2. onde di superficie, cioè quelle che si propagano sulla superficie della terra.

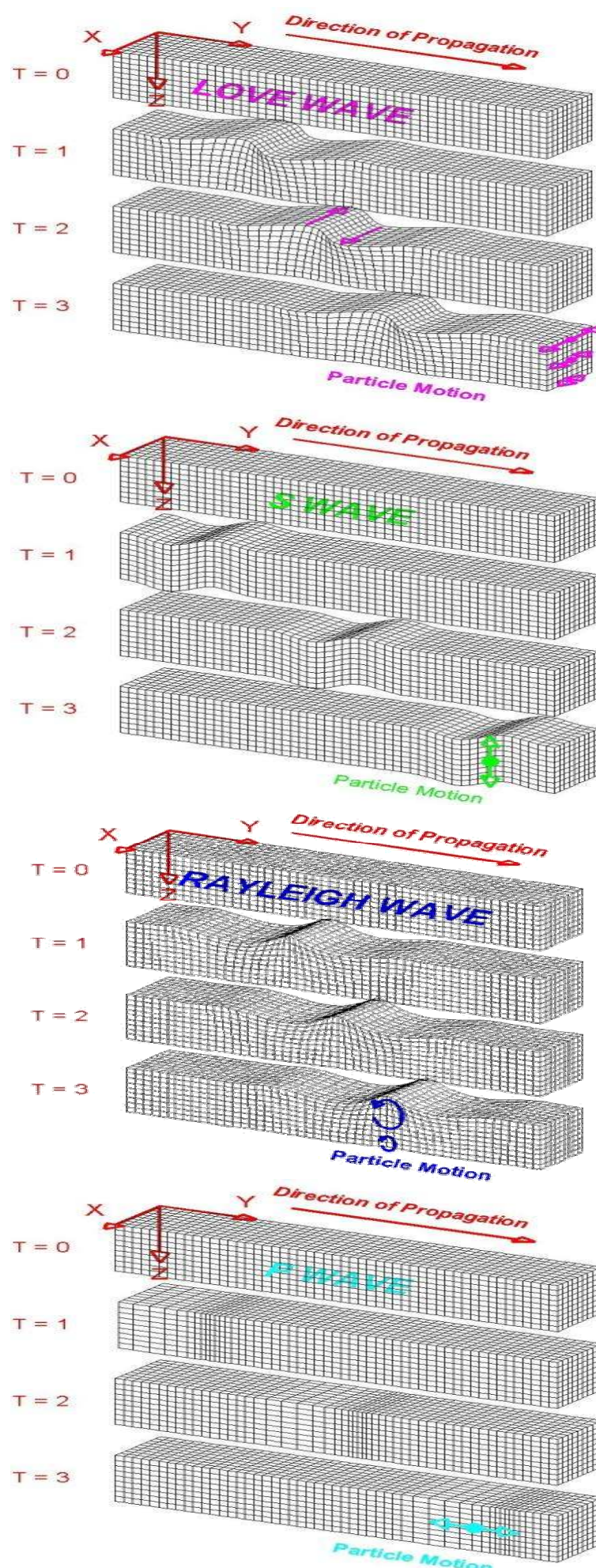
Le onde di volume si possono ulteriormente dividere in:

- onde longitudinali, anche dette onde prime o P.
Sono le più veloci e quelle che, pur partendo dall'ipocentro del sisma insieme alle altre onde di volume, arrivano per prime agli strumenti che le rivelano.
Al loro passaggio la roccia subisce variazioni di volume nella direzione di propagazione dell'onda stessa.
Hanno una velocità compresa tra i 4 e gli 8 km/s e possono propagarsi in qualsiasi mezzo materiale (aria, acqua, magma, rocce solide) e, quelle che arrivano in superficie, provocano spostamenti d'aria a frequenze in parte udibili dall'orecchio umano (il rombo sordo che accompagna l'inizio di un terremoto).
Le onde P danno origine alle scosse sussultorie.
- onde trasversali, anche dette onde seconde o S.
Sono più lente delle P, arrivano per seconde agli strumenti che le rilevano.
Al loro passaggio le particelle compiono delle oscillazioni perpendicolari alla direzione di propagazione.
Hanno una velocità più bassa rispetto alle onde P, compresa tra i 2,3 e i 4,6 km/s.
Hanno l'importante caratteristica di non potersi propagare attraverso i fluidi. Le onde S danno origine a scosse ondulatorie.

Le onde di superficie si possono dividere in :

- onde di Rayleigh o R.
Prendono il nome dal matematico J.W.Strutt, meglio noto come Lord Rayleigh, dal quale furono previste nel corso dei suoi studi sulla propagazione di onde nei mezzi elastici.
Al loro passaggio le particelle compiono un'orbita ellittica su di un piano perpendicolare alla direzione di propagazione, come avviene su uno specchio d'acqua increspato.
- onde di Love o L.
Furono previste e descritte teoricamente dal matematico A.Love.
Al loro passaggio le particelle oscillano trasversalmente alla direzione di propagazione, ma solo sul piano orizzontale.
Sono più lente delle onde S da cui derivano, hanno velocità tra 2.7 e 3 km/s.
Compiono tragitti lunghissimi, fino a compiere più volte il giro della Terra e poi tornare indietro.

S.M.



Introduzione

Continua da pag.3

...quindi del regime climatico in vaste regioni del pianeta. Ne sono testimonianza la riduzione delle calotte polari e dei ghiacciai, i lunghi periodi di siccità, le piogge torrenziali concentrate in brevi periodi di tempo, le temperature primaverili durante l'inverno, la scomparsa delle "mezze stagioni"....

Il surriscaldamento della Terra e il moltiplicarsi di eventi meteorologici ec-

cezionali uniti a incuria del territorio e al mancato rispetto degli equilibri ambientali determinano frane, alluvioni, desertificazione di territori e altre calamità.

In genere l'uomo, a caldo, dopo una catastrofe sa riconoscere le proprie colpe, ammette di aver agito con leggerezza, o meglio, con noncuranza, nei confronti dell'ambiente, è consapevole di aver contribuito con il suo comportamento, mirato soltan-

to allo sfruttamento delle risorse e al guadagno, ad aver provocato morte e distruzione. Purtroppo però questa sua autodenuncia che si manifesta sempre "dopo" si rivela inutile perché, passata l'emergenza e scaricatasi la coscienza, magari con l'invio di pochi euro alle popolazioni colpite mediante un comodo e sbrigativo sms, subito dimentica e ritorna a devastare il pianeta senza ricavare alcuna lezione dall'esperienza subita.

Augusto Placanica nel suo libro "Il filosofo e la cata-

strofe - Un terremoto del Settecento", in cui raccoglie testimonianze, sensazioni, leggende a proposito del sisma calabro messinese del 1783, sostiene che il terremoto è una catastrofe che "rappresenta" la fine del mondo nel senso che, non solo uccide l'esistenza biologica, ma rompe i cardini della natura e rispinge la società e la storia indietro, verso un tempo lontano. Ma, a mano a mano che la vita riprende, questa ripresa viene avvertita come una "rinascita" che spinge l'uomo a rimettere tutto in

discussione.

E' in quest'ottica che le riflessioni degli intellettuali del '700 sul terremoto di Lisbona del 1755 e - esaminate da Tagliapietra nel testo "Voltaire, Rousseau, Kant - Sulla catastrofe - L'illuminismo e la filosofia del disastro" - conservano un'interessante attualità pur presentando ovviamente dei limiti dal punto di vista scientifico, perché è proprio di questo che l'uomo di oggi ha bisogno: rimettere tutto in discussione!

S.M.

La misura delle vibrazioni sismiche

Le onde provenienti da lontano arrivano molto attenuate e i nostri sensi non sono sempre in grado di percepirle. Per questo motivo i geofisici usano strumenti chiamati sismografi, sensibili alle più lievi vibrazioni del terreno.

I sismografi sono gli strumenti principali per coloro che studiano i terremoti e il loro funzionamento si basa sul principio di inerzia.

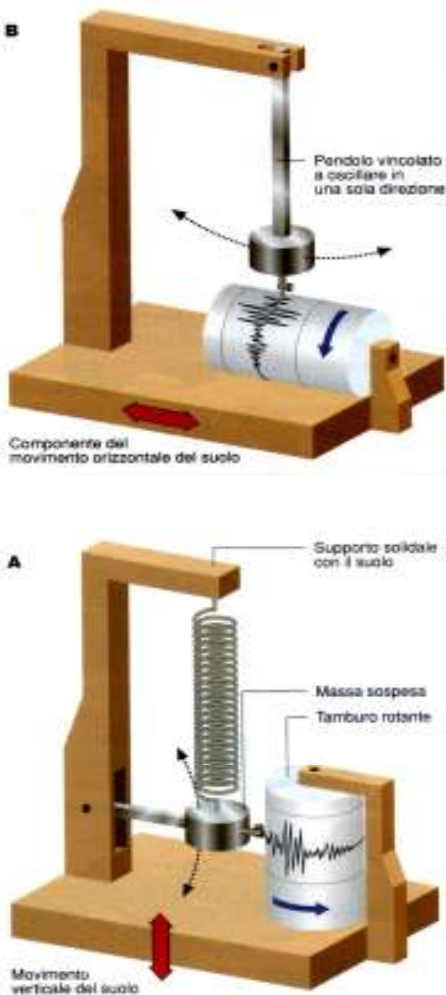
Fondamentalmente si può pensare ad un sismografo come ad un semplice pendolo di massa elevata e non vincolato al terreno. Quando il terreno si muove la base e la struttura si muovono con esso, ma l'inerzia tende a mantenere la massa del pendolo nel suo stato di quiete: sembra così che esso si muova relativamente al terreno.

Muovendosi registra come cambiano nel tempo gli spostamenti del pendolo. Se "trasformiamo" il moto del suolo in una registrazione su un qualsiasi supporto (un tempo generalmente su carta fotosensibile o su carta, attualmente su supporto "informatico" di vario genere) otteniamo quello che viene definito un sismogramma (i sismografi sono i "registratori" del moto del suolo acquisito dai sismografi). I sistemi di registrazione normalmente in uso oggi operano con concetti un po' diversi.

Il più semplice traduttore è uno strumento elettromagnetico (elettrodinamico) ove una bobina si muove in un campo generato da un magnete permanente, come in un altoparlante. In un sismografo passivo convenzionale, la forza inerziale prodotta dal moto del suolo a causa del terremoto sposta la massa dalla sua posizione di equilibrio, e lo spostamento, o la velocità, della massa è convertita in un segnale elettrico. Questo principio viene oggi generalmente utilizzato solo per i cosiddetti sismografi a corto-periodo.

I sismografi a lungo periodo o broadband sono costruiti in accordo con il principio del "bilanciamento delle forze". Significa che la forza inerziale è compensata (o bilanciata) da una forza elettricamente generata in modo che la massa si muova il meno possibile. Occorre che vi sia un certa percentuale di movimento altrimenti non sarebbe possibile osservare la forza inerziale.

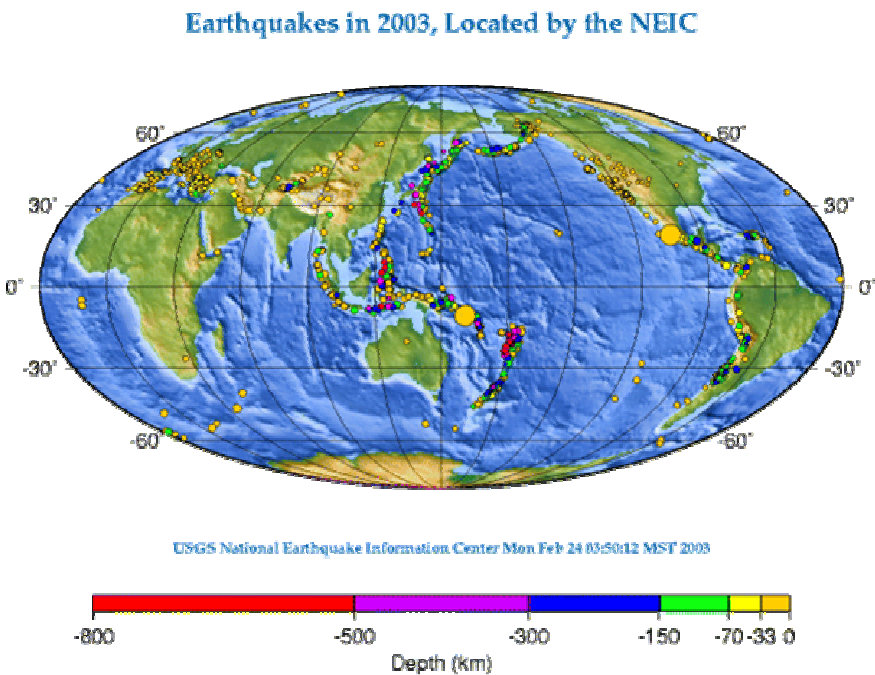
S.M.



Sismografi: strumenti per misurare le oscillazioni orizzontali e verticali del terreno al passaggio delle onde sismiche

La distribuzione dei terremoti sulla Terra

Soltanto negli ultimi anni si è potuto approntare una carta accurata della distribuzione dei terremoti. Le fasce sismiche indicano regioni in cui si concentrano e poi si liberano forze di provenienza interna alla Terra. Le aree sismiche possono interessare la superficie continentale, ma anche il fondale degli oceani. La maggiore quantità di energia sismica si libera in prossimità dei margini continentali e in corrispondenza delle catene montuose più recenti. Dalla osservazione della distribuzione dei ter-



remoti risulta chiaro che il Giappone, il Cile, il Perù, la California, la Grecia e l'Italia sono spesso colpiti da sismi mentre altre regioni del globo, quali la Russia, il Brasile, l'Australia, la Scandinavia o il Canada ne sono prati-

S.M.

L'energia dei terremoti

Per determinare l'energia rilasciata da un terremoto, i sismologi usano la cosiddetta scala Richter, messa a punto nel 1935 dal sismologo statunitense Charles Francis Richter. Poiché l'energia non si può misurare direttamente si ricorre alla magnitudo (M), grandezza indirettamente legata all'energia, basata su osservazioni strumentali.

La scala Richter è una scala logaritmica in base 10. Dalla magnitudo è possi-

Magnitudo	Energia (joule)
< 3.5	< 1.6 × 10 ⁷
3.5	1.6 × 10 ⁷
4.2	7.5 × 10 ⁸
4.5	2.1 × 10 ⁸
4.8	2.1 × 10 ¹⁰
5.4	5.7 × 10 ¹¹
6.1	2.8 × 10 ¹³
6.5	2.5 × 10 ¹⁴
6.9	2.3 × 10 ¹⁵
7.3	2.1 × 10 ¹⁶
8.1	> 1.7 × 10 ¹⁸
≥ 8.1	→ ∞

bile ricavare l'energia di un terremoto attraverso relazioni empiriche, cioè basate sull'esperienza.

S.M.

L'intensità dei terremoti

L'intensità (*I*) di un terremoto è la misura degli effetti del sisma, cioè dell'intensità dello scuotimento del terreno.

L'idea di creare una scala di intensità fu del vulcanologo e sismologo italiano Giuseppe Mercalli. La scala è stata in seguito modificata più volte. Attualmente la versione più usata è la nota scala MCS.

La scala MCS (Mercalli-Cancani-Sieberg, dai nomi degli scienziati che la misero a punto), comunemente chiamata scala Mercalli, è una scala lineare e definisce 12 gradi di effetti del sisma sull'ambiente. Ciò significa che la scala Mercalli permette di indicare quali danni ha effettivamente causato il terremoto nella zona colpita ed è quindi un indice di misurazione empirico.

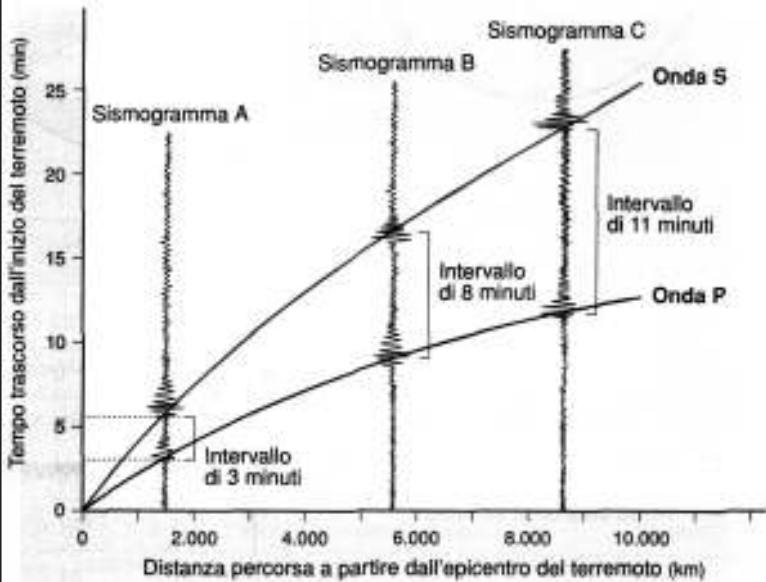
A differenza della magnitudo, ottenuta da dati strumenti, l'intensità è ricavata da dati in parte soggettivi, come la valutazione degli effetti del sisma, ed è per questo motivo una grandezza meno attendibile. Inoltre il grado di intensità di uno stesso terremoto varia da zona a zona, poiché a distanze diverse si riproducono effetti diversi.

La rilevazione dell'intensità di un terremoto, che spesso avviene anche tramite questionari distribuiti alla popolazione, consente di individuare le isosisme, linee che delimitano aree in cui il sisma si è manifestato con uguale intensità. Le isosisme contornano in genere aree dalla forma irregolare, che riflettono la struttura geologica dell'area interessata.

S.M.

Grado	Scossa	Descrizione del sisma
1	strumentale	avvertito solo dagli strumenti di rilevazione
2	leggerissima	avvertito solo da persone in quiete, principalmente nei piani alti degli edifici; gli oggetti sospesi possono oscillare lievemente
3	leggera	avvertito notevolmente da persone al chiuso, soprattutto ai piani alti; le automobili ferme possono oscillare leggermente
4	mediocre	in ore diurne, avvertito da molti all'interno di edifici e all'esterno da pochi; in ore notturne, alcuni si svegliano; le automobili ferme oscillano notevolmente
5	forte	avvertito quasi da tutti, molti si svegliano nel sonno; crepe nei rivestimenti, oggetti rovesciati; possibile scuotimento di alberi e pali
6	molto forte	avvertito da tutti, molti spaventati corrono all'aperto; mobili pesanti vengono spostati; caduta di intonaco e danni ai caminoli; danni lievi
7	fortissima	tutti fuggono all'aperto; danni trascurabili a edifici di buona progettazione e costruzione, da lievi a moderati per strutture ordinarie ben costruite; avvertito da persone alla guida di automobili
8	rovinosa	danni lievi a strutture costruite secondo criteri antisismici; crolli parziali in edifici ordinari; caduta di ciminiera, monumenti, colonne; ribaltamento di mobili pesanti, variazioni dell'acqua dei pozzi
9	disastrosa	danni a strutture antisismiche; perdita di verticalità in strutture portanti ben congegnate; edifici spostati rispetto alle fondazioni; fessurazione del suolo; rottura di cavi sotterranei
10	disastrosissima	distruzione della maggior parte delle strutture in muratura; notevole fessurazione del suolo; rotaie piegate; frane notevoli in argini fluviali o ripidi pendii
11	catastrofica	poche strutture in muratura restano in piedi; distruzione di ponti; ampie fessure nel terreno; condutture sotterranee fuori uso; sprofondamenti e slittamenti del terreno in suoli molli
12	grande catastrofe	danneggiamento totale; onde sulla superficie del suolo; distorsione delle linee di vista e di livello; oggetti lanciati in aria

Determinazione della posizione dell'epicentro di un terremoto



Al passare del tempo e spazio-tempo in base a crone permette ai sismologi, conoscendo i dati di una serie di dati sulla velocità delle onde sismiche ricavati da terremoti naturali e da esplosioni nucleari effettuate in località note. Nel primo spazio-tempo l'origine degli assi coincide con l'epicentro. La dromocrona delle onde P e la dromocroma delle onde S iniziano dall'epicentro e divergono sempre più man mano che si allontanano dall'origine. Il metodo delle dromocrona. Queste curve sono tracciate su un piano

Il metodo delle dromocrona permette ai sismologi, conoscendo i dati di una serie di dati sulla velocità delle onde sismiche ricavati da terremoti naturali e da esplosioni nucleari effettuate in località note. Nel primo spazio-tempo l'origine degli assi coincide con l'epicentro. La dromocrona delle onde P e la dromocroma delle onde S iniziano dall'epicentro e divergono sempre più man mano che si allontanano dall'origine. Il metodo delle dromocrona. Queste curve sono tracciate su un piano

Il calcolo della profondità dell'ipocentro è più complesso e richiede un numero maggiore di sismogrammi e una buona conoscenza della geologia della regione colpita dal sisma. Gli ipocentri dei terremoti registrati dagli strumenti moderni non hanno mai superato i 720 Km di profondità.

S.M.