



Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia

conoscere il
TERREMOTO



Questo opuscolo, indirizzato a un pubblico di “non addetti ai lavori”, è stato redatto per contribuire alla conoscenza del terremoto, delle sue cause e dei suoi effetti. Si compone di un testo descrittivo sul fenomeno terremoto e di un glossario comprendente i più comuni termini usati nella sismologia moderna (evidenziati in rosso nel testo).

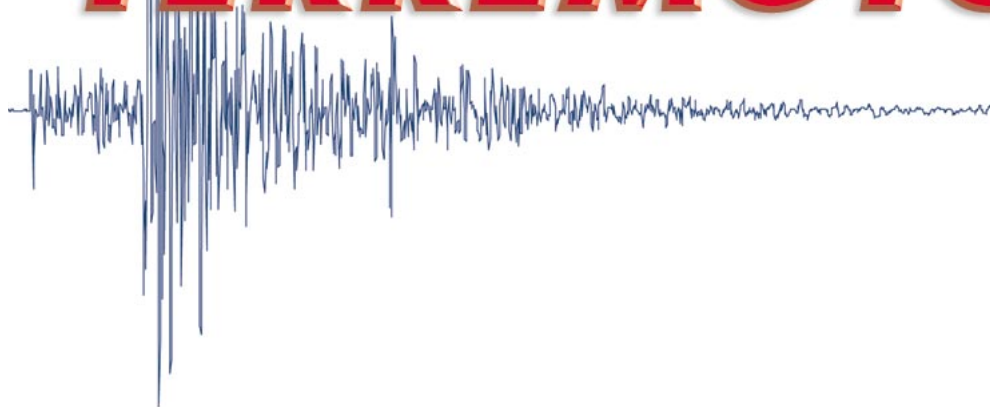
I temi affrontati nell'opuscolo sintetizzano alcune tra le principali attività di ricerca e monitoraggio strumentale svolte dall'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia.

Queste attività sono descritte in molteplici iniziative editoriali curate dall'Ente, molte delle quali espressamente concepite in funzione divulgativa e didattica, alle quali si rimandano i lettori interessati per gli approfondimenti.



Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia

conoscere il **TERREMOTO**



*a cura del Laboratorio Grafica & Immagini - INGV Roma
coordinamento scientifico del Gruppo Locale di Indirizzo per le Attività Divulgative e Didattiche
progetto e realizzazione grafica del Laboratorio Grafica & Immagini - INGV Roma*

L'istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia...

Il 29 settembre 1999 il Governo italiano ha dato vita, con il decreto legislativo n. 381, al nuovo Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (INGV) "... come ente di ricerca non strumentale, nel quale confluiscono l'Istituto Nazionale di Geofisica (ING), l'Osservatorio Vesuviano (OV), nonché i seguenti istituti del Consiglio Nazionale delle Ricerche (CNR): a) Istituto Internazionale di Vulcanologia di Catania (IIV); b) Istituto di Geochimica dei Fluidi di Palermo (IGF); c) Istituto di Ricerca sul Rischio Sismico di Milano (IRRS). "Il nuovo ente raccoglie, integra e valorizza le competenze e le risorse intellettuali e materiali dell'Istituto Nazionale di Geofisica, ente fondato da Guglielmo Marconi nel 1936 e noto alla comunità scientifica e civile per essere la "sentinella" dei terremoti che avvengono in Italia, e di diverse altre non meno "blasonate" istituzioni pubbliche di ricerca operanti in campo geofisico; tra queste spicca l'Osservatorio Vesuviano, che dal 1845 svolge ricerca fondamentale su uno dei vulcani più pericolosi dell'intero pianeta.

Oltre alle attività istituzionali caratteristiche degli enti di provenienza, al nuovo ente sono stati inoltre affidati altri importanti compiti di grande rilevanza sociale nel campo della prevenzione delle calamità naturali.

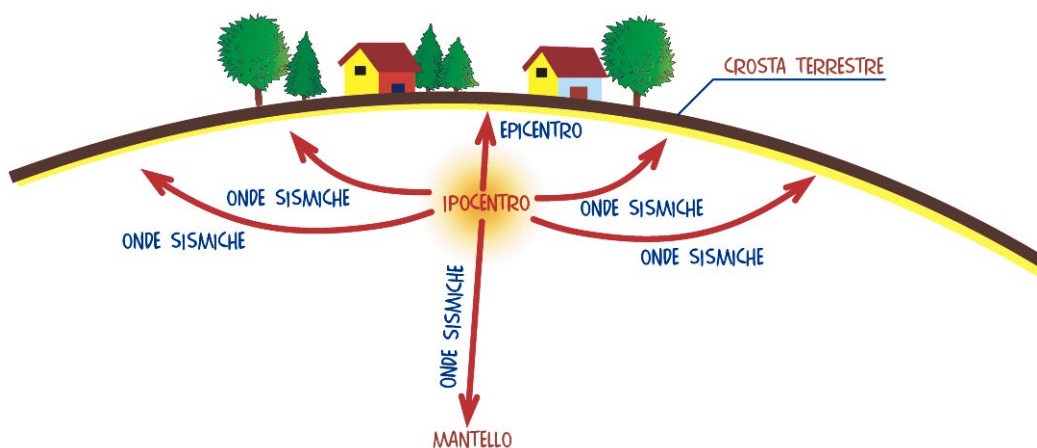
Tra questi compiti rientrano la gestione del Sistema Poseidon, una rete di sorveglianza della sismicità e dell'attività vulcanica della Sicilia orientale, e il coordinamento delle attività del Gruppo Nazionale per la Difesa dai Terremoti (GNDT) e del Gruppo Nazionale di Vulcanologia (GNV). Nel settore delle ricerche in campo geofisico, sismologico e vulcanologico quest'opera di riordino ha portato appunto alla creazione dell'INGV, che nasce come uno dei più grandi raggruppamenti di ricerca geofisica di tutta Europa e forse del mondo.

Uno sguardo alla Terra...

La Geofisica studia il comportamento fisico della Terra nei suoi tre ambienti (*solido, liquido e gassoso*).

La **Sismologia** è quella parte della Geofisica che studia i movimenti improvvisi dell'interno della Terra, ovvero i **terremoti**.

indicare non una singola scossa ma il quadro complessivo delle scosse e dei loro effetti sull'uomo e sull'ambiente (concetto definito dai sismologi come **periodo sismico** o **sequenza sismica**). Per esempio con l'espressione "*Il Terremoto dell'Irpinia del 1980*", si

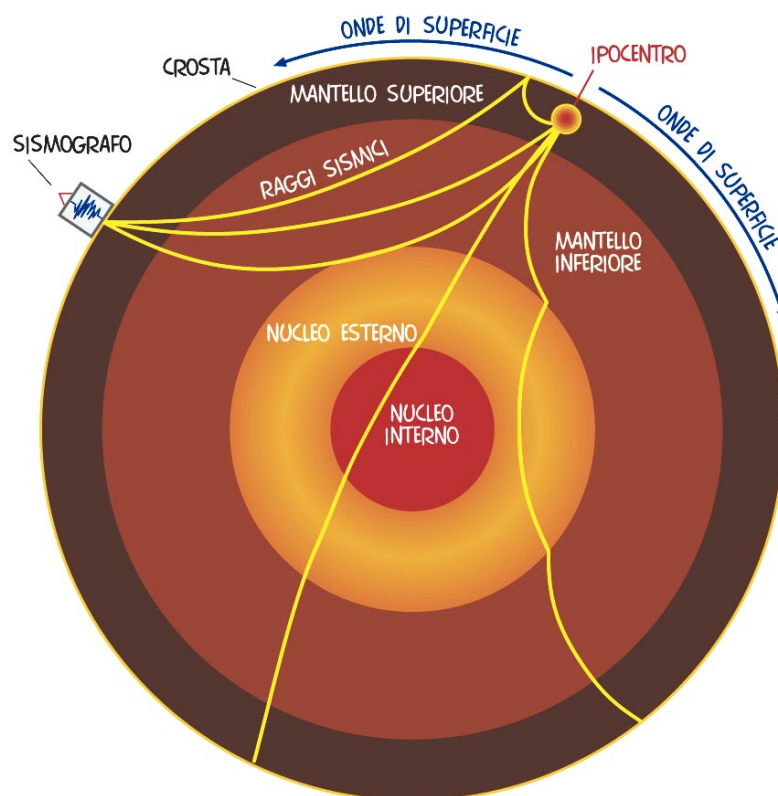


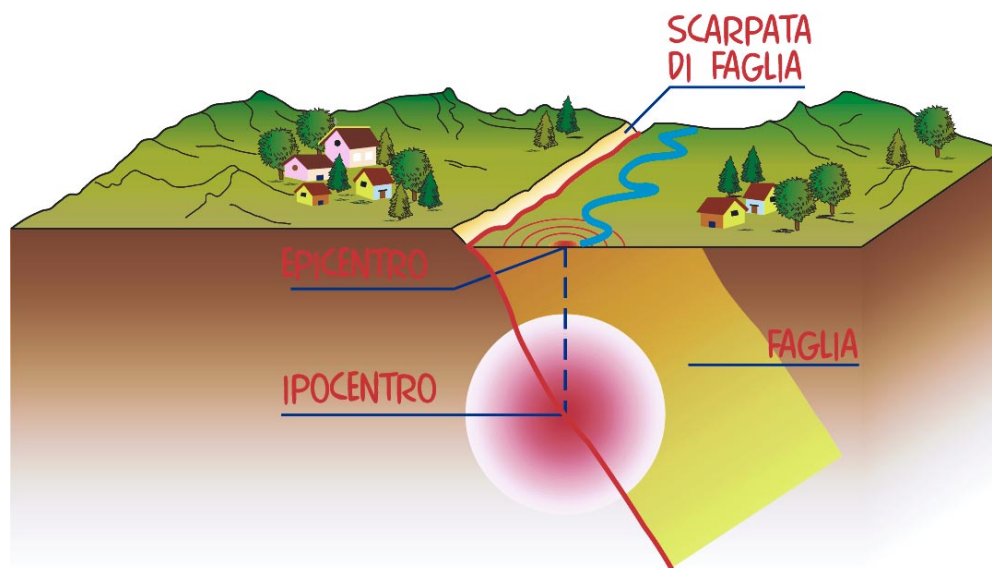
Un terremoto si manifesta come moto vibratorio del terreno che ha origine in un punto più o meno profondo della Terra (**ipocentro** o fuoco del terremoto) da cui si sprigionano **onde sismiche** o **elastiche**, e per questo può essere definito anche **scossa sismica**. Tuttavia, spesso gli organi di informazione usano la parola "terremoto" per

intendere comunemente non solo la scossa principale che si verificò il 23 novembre di quell'anno, ma anche tutti gli eventi, che l'hanno seguita. L'**intensità** e la vastità degli effetti di un terremoto dipendono strettamente dalla profondità dell'ipocentro, dall'energia liberata e dalle caratteristiche geologiche dell'area interessata.

Oltre a produrre effetti sull'uomo e sull'ambiente, le onde elastiche generate dai terremoti (ma anche dalle esplosioni artificiali) costituiscono la principale fonte di informazione utilizzabile per lo studio dell'interno della Terra, così come i raggi X si utilizzano per l'esame degli organi interni del corpo umano. A partire dall'inizio del XX secolo, il progredire delle osservazioni sismografiche e delle metodologie di interpretazione ha consentito di rivelare la struttura profonda della Terra e di evidenziare

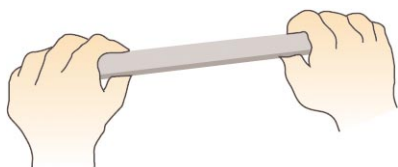
la sua suddivisione in **crosta**, **mantello** e **nucleo**. Tale suddivisione corrisponde a variazioni nella velocità di propagazione delle onde sismiche all'interno della Terra (**discontinuità sismiche**). I **raggi sismici** cambiano direzione al passaggio da uno strato più lento a uno più veloce. Inoltre, dato che la velocità delle onde sismiche aumenta all'aumentare della profondità, all'interno di ogni singolo strato i raggi sismici non percorrono traiettorie rettilinee bensì concave verso l'alto.



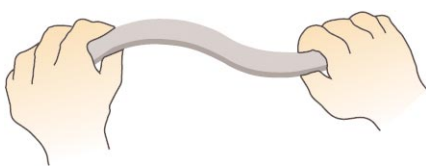
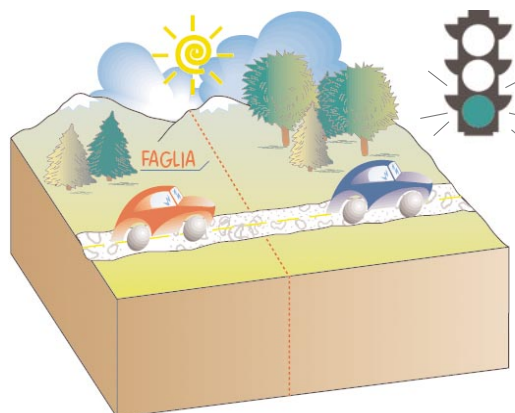


Le rocce che formano la crosta e il mantello sono sottoposte a sforzi, detti *sforzi tettonici*, che sono il risultato dei movimenti reciproci delle grandi placche in cui è suddiviso lo strato più superficiale della Terra. Tali sforzi sono massimi nelle regioni poste in prossimità dei confini tra le placche, come l'Italia ed in generale tutta l'area Mediterranea, e minimi all'interno delle placche stesse, come nel Canada e nell'Africa centrale.

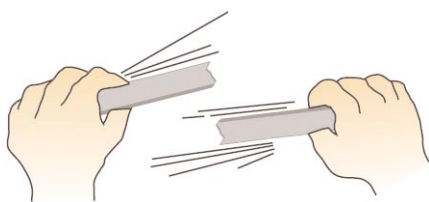
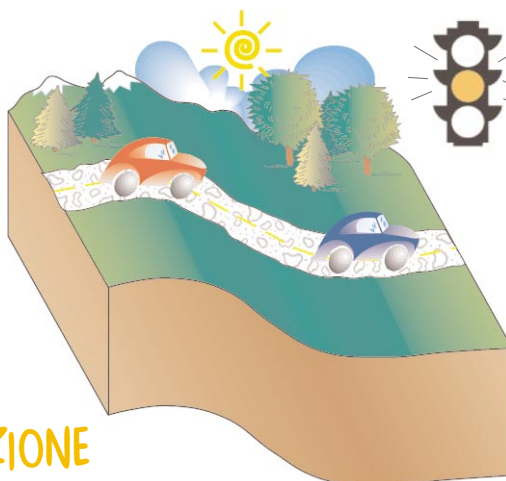
Quando tali sforzi raggiungono il limite della resistenza offerta dalle rocce che formano la crosta, si forma una frattura e si genera un terremoto. Talvolta, ma non sempre, tale frattura si manifesta in maniera visibile anche sulla superficie terrestre, formando scalini (**scarpate di faglia**) e/o discontinuità topografiche che rappresentano l'effetto in superficie del processo avvenuto in profondità.



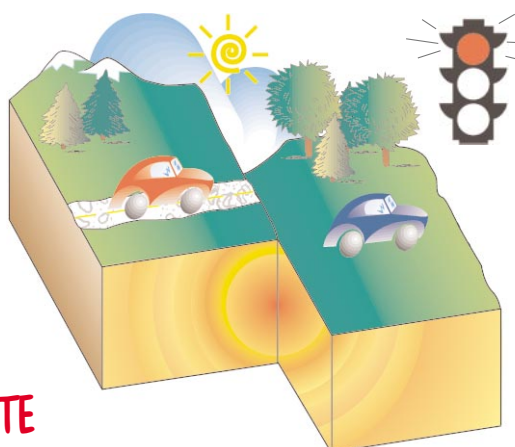
posizione originale:
SENZA DEFORMAZIONE



accumulo di energia:
PROGRESSIVA DEFORMAZIONE

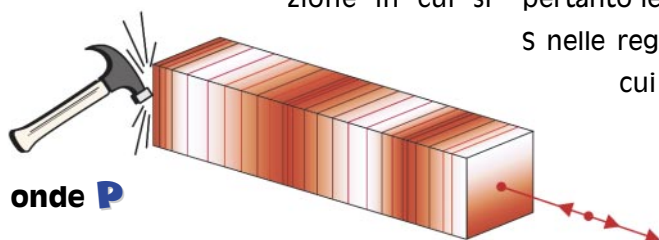


rottura con rilascio di
energia: **TERREMOTO**
SPOSTAMENTO PERMANENTE



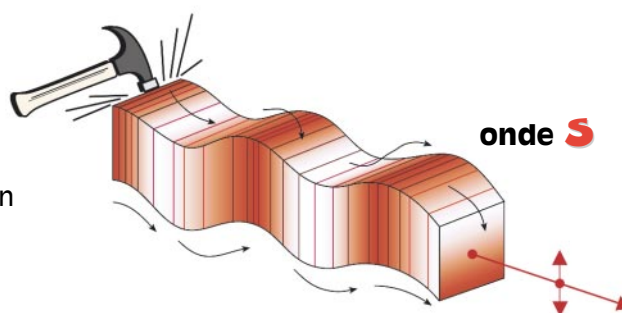
Le onde sismiche

Le principali onde sismiche o elastiche sono **P** (*primae* - longitudinali) e **S** (*secundae* - trasversali). Le onde P sono caratterizzate da un moto vibratorio del materiale elastico nella direzione in cui si propagano, cioè viaggiano attraverso il materiale roccioso determinando in esso una successione di compressioni e dilatazioni; le onde S presentano, invece, un moto vibratorio del materiale elastico in direzione perpendicolare alla direzione di propagazione. Le **onde P** viaggiano a una velocità che è circa 1,7 volte superiore a quella delle **onde S**; pertanto le onde P precedono le onde S nelle registrazioni sismografiche (da cui le definizioni *primae* e *secundae*).



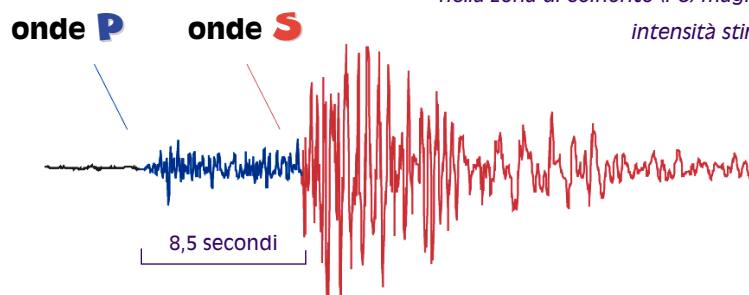
onde P

propagano, cioè viaggiano attraverso il materiale roccioso determinando in esso una successione di compressioni e dilatazioni; le onde S presentano, invece, un



onde S

Evento sismico registrato alle ore 01:03 del 7 febbraio 1998 dalla stazione sismografica di Arcevia (AN) e localizzato nella zona di Colfiorito (PG) magnitudo = 3.2
intensità stimata: IV MCS



La differenza tra il tempo di arrivo delle onde S e delle onde P consente di stimare che l'epicentro si trova a circa 60 km dalla stazione stessa. Ripetendo lo stesso procedimento per tre o più stazioni, si possono calcolare le coordinate assolute dell'epicentro.

Stimiamo la “grandezza” di un terremoto...

Per indicare quanto sia stato forte un terremoto vengono utilizzate due definizioni differenti: la **magnitudo** e l'**intensità**.

La **magnitudo** è stata definita nel 1935 dal famoso sismologo C.F. Richter come misura oggettiva della quantità di energia elastica emessa durante un terremoto. La magnitudo può essere calcolata a partire dall'ampiezza delle onde sismiche registrate dai sismografi, ed è espressa attraverso un numero puro. In omaggio a C.F. Richter, si parla di “**magnitudo Richter**”, o impropriamente di “**Scala Richter**”.

MAGNITUDO 1

MAGNITUDO 2

Ogni incremento di una unità di magnitudo corrisponde ad un incremento di trenta volte dell'energia emessa. I terremoti più piccoli percepibili dall'uomo hanno una magnitudo intorno a 2,5, mentre quelli che possono provocare danni alle abitazioni e vittime hanno generalmente una magnitudo superiore a 5,5.

MAGNITUDO 4

L'**intensità** di un terremoto quantifica e classifica esclusivamente gli effetti provocati sull'ambiente, sulle cose e sull'uomo. Pertanto, a differenza della magnitudo, per uno stesso terremoto essa può assumere valori diversi in luoghi diversi. Di norma l'intensità diminuisce con l'aumentare della distanza dall'epicentro. L'intensità di un terremoto viene espressa con la **scala MCS** (**Mercalli-Cancani-Sieberg**, più nota come scala Mercalli, dal nome del sismologo italiano dell'inizio del secolo che ha proposto una scala basata sugli effetti dei terremoti) che si compone di dodici gradi. In genere l'uomo avverte terremoti a partire dal III grado, dal VI all'VIII si verificano danni alle abitazioni, mentre a partire dal IX, si possono avere crolli totali e stravolgimenti del paesaggio (deformazioni del suolo, frane, alterazioni del regime idrico).

La scala Mercalli

- I**: IMPERCETTIBILE
- II**: MOLTO LEGGERO
- III**: LEGGERO
- IV**: MODERATO
- V**: ABBASTANZA FORTE
- VI**: FORTE
- VII**: MOLTO FORTE
- VIII**: ROVINOSO
- IX**: DISTRUTTIVO
- X**: TOTALMENTE DISTRUTTIVO
- XI**: CATASTROFICO
- XII**: GRANDEMENTE CATASTROFICO

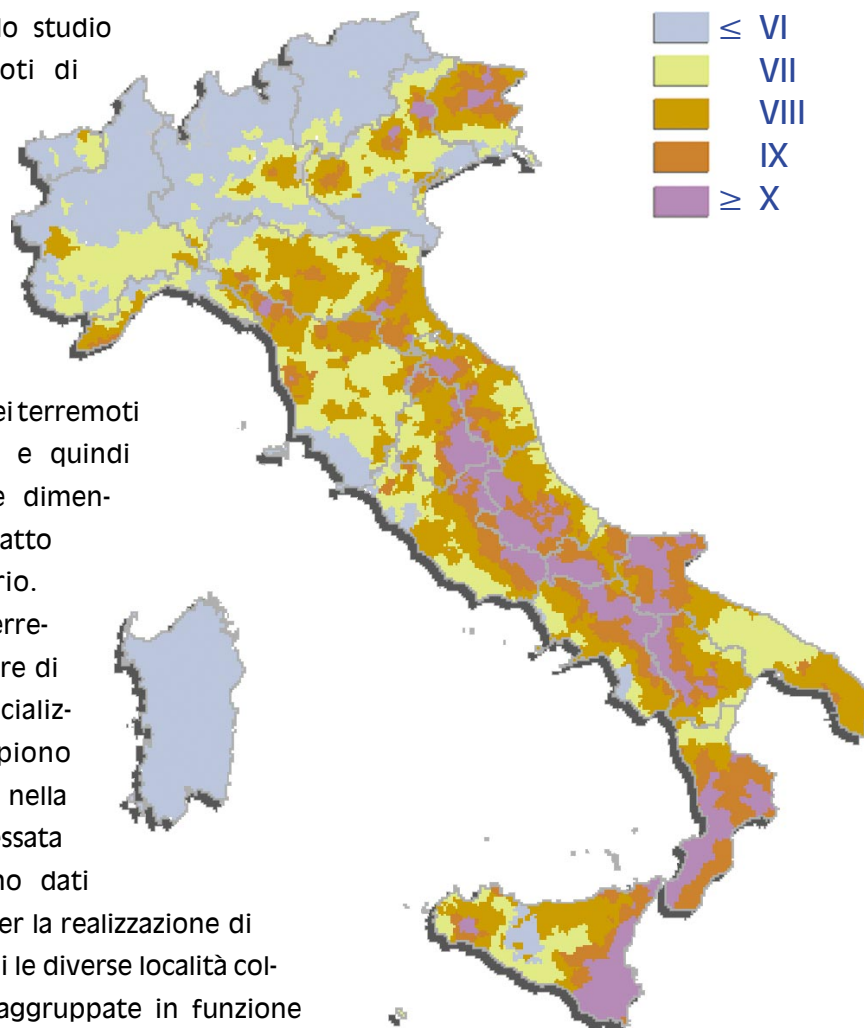
La macrosismica

La **macrosismica** è quella parte della sismologia che si interessa degli effetti dei terremoti sul territorio.

Attraverso lo studio dei terremoti di oggi, questa disciplina consente di definire correttamente

gli effetti dei terremoti del passato e quindi valutarne le dimensioni e l'impatto sul territorio.

Dopo un terremoto squadre di tecnici specializzati compiono ricognizioni nella zona interessata e raccolgono dati utilizzabili per la realizzazione di mappe in cui le diverse località colpite sono raggruppate in funzione dell'intensità osservata.



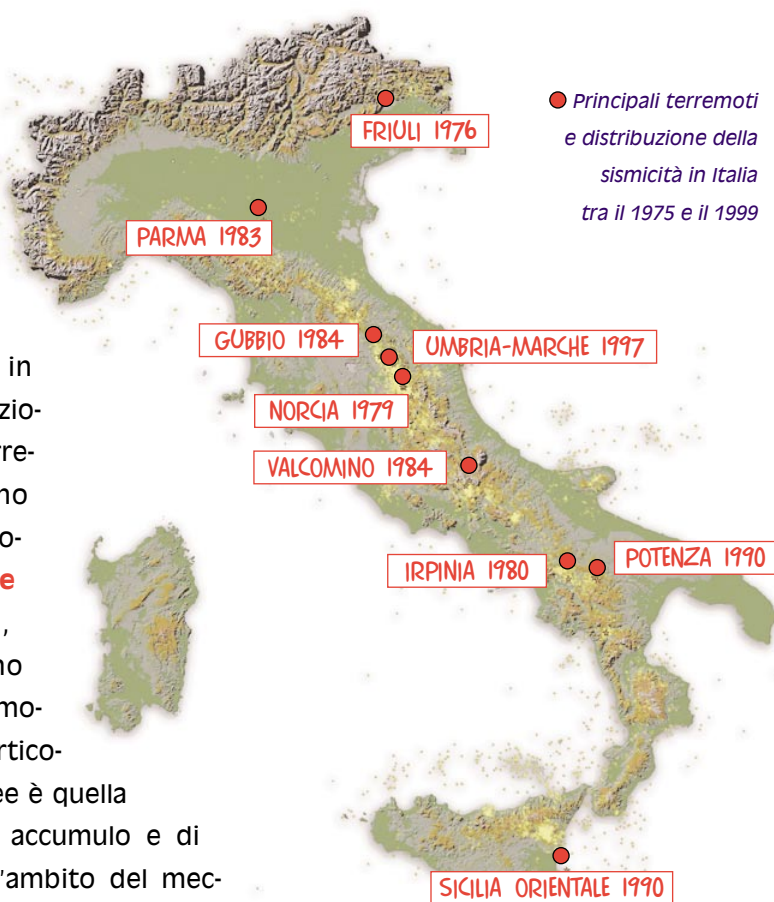
Carta della massima intensità macrosismica osservata tra il 1000 e il 1990.

La carta è stata elaborata dall'Istituto Nazionale di Geofisica (ING), dal Gruppo Nazionale Difesa dai Terremoti (GNDT) e dal Servizio Sismico Nazionale (SSN).

La sismicità in Italia

Registrare e analizzare la sismicità consente di mettere in relazione cause ed effetti dei terremoti e di fornire valutazioni utili in materia di prevenzione dai disastri. I terremoti si verificano generalmente in zone, definite **aree sismogenetiche**, nelle quali si sono già verificati terremoti in passato. La particolarità di queste aree è quella di essere zone di accumulo e di deformazione nell'ambito del meccanismo di moto relativo delle placche in cui è suddiviso il guscio esterno della Terra. I più forti terremoti italiani si manifestano lungo gli Appennini centro-meridionali, dall'Abruzzo alla Calabria, in Sicilia e nelle Alpi orientali, come si può vedere anche dalla sismicità degli ultimi venti anni (vedi figura). Sismicità di rilievo si registra anche nell'Appennino centro-settentrionale e nelle Alpi Marittime. Terremoti non

forti possono raramente verificarsi anche in zone dove storicamente non si è riscontrata una sismicità di rilievo. A conferma del carattere ripetitivo della sismicità si noti che la distribuzione dei terremoti recenti ricalca molto da vicino la distribuzione dei massimi valori di intensità osservati nel passato (vedi figura della pagina precedente).



L'osservazione del territorio

L'esperienza maturata con i terremoti catastrofici che si sono verificati in Italia e nel mondo ha insegnato che l'informazione rapida e precisa è uno strumento indispensabile agli Organi di Protezione Civile per organizzare i primi interventi di soccorso nelle zone colpite da un terremoto. Per assicurare tale servizio, l'Istituto Nazionale di Geofisica e

Vulcanologia ha installato oltre 100 **stazioni sismometriche** distribuite su tutto il territorio nazionale a costituire la *Rete Sismica Nazionale Centralizzata (RSNC)* con sede a Roma. L'INGV gestisce inoltre reti di monitoraggio locale per le aree vulcaniche del Vesuvio e dell'Etna tramite le sezioni di Napoli-Osservatorio Vesuviano, e di Catania.





SALA OPERATIVA - INGV ROMA

La sala operativa di Roma dell'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia svolge il controllo dell'attività sismica che si manifesta su tutto il territorio nazionale e nelle regioni limitrofe. Tale *servizio di sorveglianza sismica* è effettuato 24 ore su 24, 365 giorni l'anno, da personale tecnico specializzato e da ricercatori sismologi grazie ai dati trasmessi in "tempo reale" dalle stazioni della RSNC. Questo garantisce un'attenta ed accurata analisi del fenomeno terremoto ed una pronta comunicazione alla Protezione Civile dei dati ipocentrali, della lista delle località

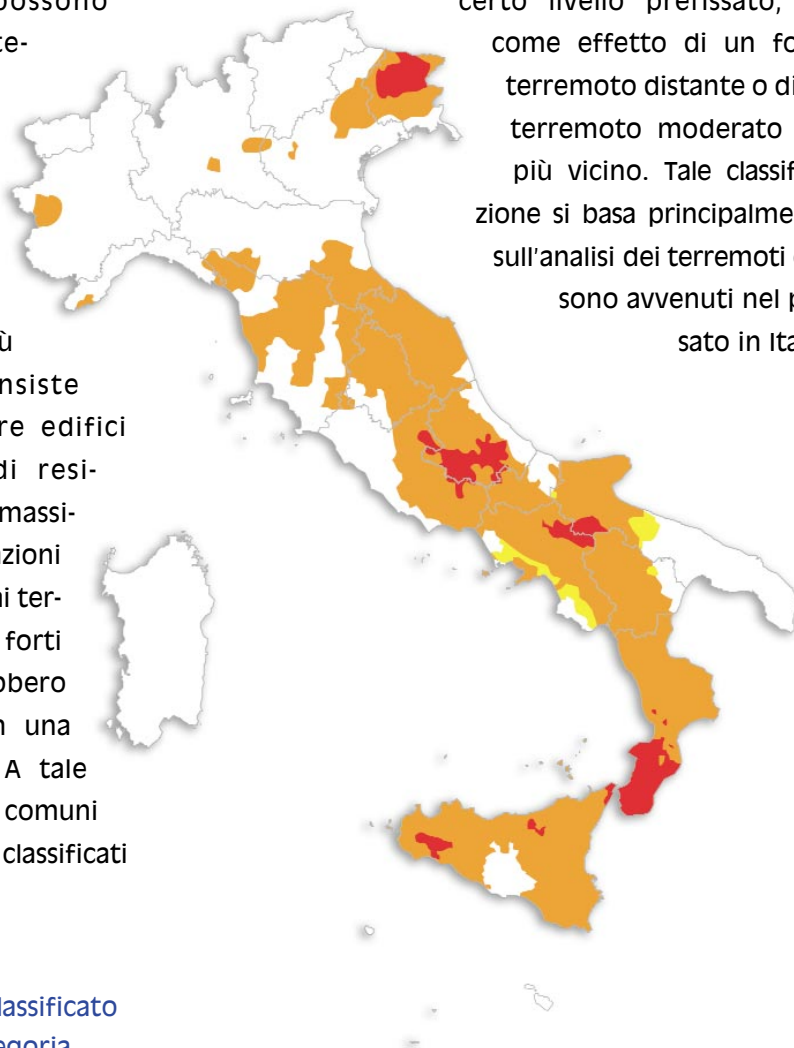
interessate e degli effetti aspettati su cose e persone in base ad opportuni modelli teorici della propagazione delle onde sismiche.

intensità:	magnitudo:
III-IV	2.8-3.1
IV	3.2-3.4
IV-V	3.5-3.7
V	3.7-3.9
V-VI	4.0-4.1
VI	4.2-4.4
VI-VII	4.5-4.6
VII	4.7-4.9
VII-VIII	5.0-5.1
VIII	5.2-5.6
IX	5.7-6.1
X, XI	≥ 6.2

Prevenzione e previsione...

Un terremoto non può essere evitato anche se ne fosse possibile la **previsione**. Tuttavia i danni provocati dai terremoti possono essere contenuti adottando apposite misure di **prevenzione**. La prima, e più ovvia, consiste nel costruire edifici in grado di resistere alle massime sollecitazioni prodotte dai terremoti più forti che si potrebbero verificare in una data zona. A tale scopo tutti i comuni italiani sono classificati

per legge in base alla probabilità che in ognuno di essi si raggiunga una soglia di scuotimento superiore a un certo livello prefissato, sia come effetto di un forte terremoto distante o di un terremoto moderato ma più vicino. Tale classificazione si basa principalmente sull'analisi dei terremoti che sono avvenuti nel passato in Italia.



- non classificato
- III categoria
- II categoria
- I categoria

*Attuale classificazione sismica del territorio nazionale
in base ai Decreti Ministeriali emanati tra il 1980 ed il 1984.*

I comuni classificati come sismici sono soggetti a particolari norme che regolamentano la progettazione delle nuove costruzioni. La classificazione sismica vigente in Italia, ma anche in molti altri Paesi, è basata sull'assunzione che ogni area sismogenetica possa generare terremoti simili a quelli del passato in un qualunque istante di tempo. È evidente che le misure di prevenzione sarebbero molto più efficaci se fosse possibile stabilire in anticipo non solo il "dove" e il "quanto forte", ma anche il "quando" di un certo terremoto, ovvero se quel terremoto fosse prevedibile. Purtroppo, a dispetto degli innumerevoli tentativi effet-

tuati dai sismologi di tutti i Paesi e di tutte le epoche, non è ancora stata messa a punto una tecnica attendibile, e perciò utilizzabile a fini pratici, che consenta simili previsioni.



I forti terremoti italiani del secolo scorso

Data	Intensità (scala MCS)	Magnitudo	Regione	Note
8 settembre 1905	X	6.8	Calabria	557 vittime, circa 300.000 senzatetto
28 dicembre 1908	XI	7.1	Calabro-Messinese	Circa 80.000 vittime
13 gennaio 1915	XI	6.9	Avezzano	Circa 33.000 vittime
26 aprile 1917	IX-X	6.0	Val Tiberina	Circa 20 vittime
29 giugno 1919	IX	6.0	Mugello	100 vittime, 400 feriti
7 settembre 1920	X	6.4	Garfagnana	171 vittime, 650 feriti
23 luglio 1930	X	6.7	Irpinia	1.404 vittime, circa 100.000 senzatetto
21 agosto 1962	IX	6.2	Irpinia	17 vittime
15 gennaio 1968	X	6.4	Belice	231 vittime, 623 feriti
6 maggio 1976	X	6.6	Friuli	965 vittime, 2400 feriti
19 settembre 1979	VIII-IX	5.9	Valnerina	5 vittime
23 novembre 1980	X	6.8	Irpinia-Basilicata	Circa 3.000 vittime, oltre 10.000 feriti
7 maggio 1984	VIII	5.9	Valcomino	61 feriti, circa 7.800 senzatetto
13 dicembre 1990	VII	5.5	Carlentini	12 vittime, 300 feriti
26 settembre 1997	VIII-IX	5.8	Umbria-Marche	12 vittime, 133 feriti

Il Terremoto dalla "A" alla "Z"

Glossario



Faglia: frattura o zona di fratture della crosta terrestre lungo la quale può verificarsi un terremoto.

Area sismogenetica: zona dove l'attività sismica si manifesta con maggiore frequenza.

Crosta terrestre: involucro più esterno della parte solida della terra.

Dati macrosismici: insieme di informazioni raccolte sul territorio interessato da un terremoto al fine di classificare le diverse località in funzione dell'intensità osservata.

Discontinuità sismica: superficie o strato sottile posto all'interno della Terra attraverso il quale si verificano nette variazioni di velocità e traiettoria delle onde sismiche.

Epicentro: punto sulla superficie terrestre direttamente al di sopra del punto in cui ha origine il terremoto (vedi *ipocentro* o *fuoco*).

Intensità: misura degli effetti di un terremoto su cose e persone. Fornisce una stima dello scuotimento del suolo ricavata dai fenomeni e dai danni subiti dalle strutture costruite dall'uomo, dalle eventuali modificazioni dell'ambiente naturale e dalle testimonianze dirette (sensazioni percepite dall'uomo).

Ipocentro (o fuoco): punto in cui la frattura delle rocce che genera il terremoto ha inizio; esso è posto a profondità variabile da pochi ad alcune centinaia di chilometri.

Magnitudo: misura dell'energia meccanica liberata sotto forma di onde sismiche durante un terremoto.

Mantello: parte della terra solida, compresa tra la crosta e il nucleo, che si estende fino a circa 2.900 chilometri di profondità.

Nucleo: parte centrale della terra al di sotto di 2.900 chilometri di profondità; a sua volta suddiviso in nucleo esterno (fuso) e nucleo interno (solido).

Onde sismiche: oscillazioni che si propagano all'interno della Terra a seguito della liberazione di energia elastica prodotta da un terremoto. Si dividono in onde di volume, P (primae) e S (secundae) e onde di superficie.

Onde P: onde longitudinali in quanto vibrano parallelamente alla direzione di propagazione dell'onda, implicando variazioni di volume del mezzo.

Onde S: onde trasversali o di taglio in quanto vibrano perpendicolarmente alla direzione di propagazione dell'onda con conseguenti variazioni di forma del mezzo; non si propagano nei liquidi.

Onde di superficie: onde sismiche che si propagano solo lungo la superficie terrestre, con velocità inferiore a quella delle onde S. Sono di due tipi: le onde di Rayleigh e le onde di Love.

Periodo sismico o sequenza sismica: serie di terremoti localizzati nella stessa area, entro un limitato intervallo temporale, il cui evento di magnitudo mag-

giore è detto "scossa principale" [vedi].

Prevenzione sismica: complesso di azioni che la comunità intraprende per mitigare i danni di futuri terremoti, prima fra tutte l'adozione di misure per la costruzione di edifici antisismici.

Previsione: definizione del luogo, del tempo e dell'intensità di un terremoto con anticipo e precisione sufficienti per disporre misure precauzionali per la popolazione.

Raggio sismico: linea immaginaria lungo la quale si propaga l'energia trasportata dalle onde sismiche.

Repliche: scosse secondarie che seguono la scossa principale in una sequenza sismica; il loro numero è in genere proporzionale alla grandezza della scossa principale e sono caratterizzate da un'energia minore. Nel gergo dei *media*, esse vengono comunemente chiamate *scosse di assestamento*, risultando concentrate in un ristretto volume crostale circostante l'ipocentro dell'evento principale.

Scala Mercalli-Cancani-Sieberg (MCS): classificazione degli effetti del terremoto espressa in valori numerici discreti (gradi). [vedi *intensità*].

Scala Richter: è un concetto astratto, come la scala Fahrenheit, non uno strumento. Si usa per descrivere la scala di magnitudo locale, la prima scala definita di C.F. Richter e talvolta impropriamente utilizzata come sinonimo stesso di magnitudo.

Scarpata di faglia: deformazione verticale prodotta dallo spostamento della superficie del suolo, eventualmente in seguito ad un terremoto.

Scossa principale: la scossa più forte nell'ambito di un periodo sismico.

Sciame sismico: serie di scosse localizzate in una stessa area tra le quali non si riscontra una scossa principale.

Sismogramma: registrazione dei movimenti del terreno generati dal terremoto ottenuta tramite il sismometro (su carta, digitale, etc.).

Sismologia: scienza che studia i terremoti, le sorgenti sismiche e la propagazione delle onde attraverso la Terra.

Sismometro: strumento che misura le oscillazioni del terreno causate dai terremoti, cioè i movimenti della superficie terrestre dovuti alla propagazione delle onde sismiche.

Stazione sismometrica: insieme di strumenti atti a rilevare i movimenti del terreno (sensori o sismometri) posti in un luogo adatto.

Terremoto: vibrazione della Terra causata dal passaggio di onde elastiche irradiate da una sorgente sismica.





<http://www.ingv.it>

Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia

ROMA

Via di Vigna Murata, 605 - 00143 Roma

NAPOLI

OSSERVATORIO VESUVIANO

Via Diocleziano, 328 - 80124 Napoli

CATANIA

Piazza Roma, 2 - 95123 Catania

MILANO

Via Bassini, 15 - 20133 Milano

PALERMO

Via Ugo La Malfa, 153 - 90146 Palermo