

In caso di maremoto:



- Se sei sulla costa e avverti una scossa sismica, corri verso un'altura, perché potrebbe arrivare un'onda di maremoto.



- Se sei sulla spiaggia e osservi un rapido e insolito ritiro del mare, allontanati verso un luogo sicuro, ai piani alti di un edificio o su un'altura nelle vicinanze.



- Se ti trovi in mare e avvisti onde inusuali, non avvicinarti alla costa ma vai al largo, dove le onde sono più basse e meno pericolose.



Terremoti e maremoti: scopriamo cosa sono, come avvengono, quali sono le loro conseguenze. Ma soprattutto, le regole fondamentali per prevenirne i rischi: la conoscenza è il primo passo verso la prevenzione.



TERRE MOTI e MARE MOTI Come conoscerli e prevenirne i rischi

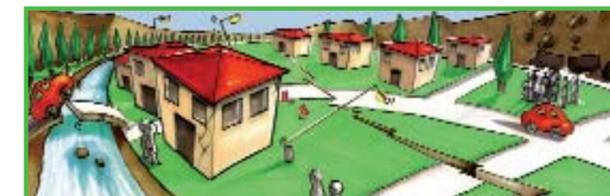
In caso di terremoto:



- Se sei in un edificio sicuro non uscire durante la scossa di terremoto.
- Stai lontano dai vetri delle finestre.
- Riparati sotto il vano di una porta inserita in un muro portante o in un angolo fra due muri maestri.



- Mettiti sotto un tavolo per ripararti dalla caduta di calcinacci, lampadari o mobili.
- Non usare scale né ascensori.



- Se sei all'aperto allontanati dai muri delle case, dagli alberi, dai lampioni, dai fili della luce.

TERRE
MOTI
MARE
MOTI
Come conoscerli
e prevenirne i rischi

Progettazione editoriale:

Giunti Progetti Educativi

Responsabile editoriale:

Roberto Luciani

Coordinatore editoriale:

Elisa Ferrari

Coordinamento e supervisione

per l'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia:

Concetta Nostro, Emmanuel Baroux, Andrea Tertulliani

Testi:

Concetta Nostro, Emmanuel Baroux, Andrea Tertulliani,

Paolo Casale, Maria Grazia Ciaccio, Alberto Frepoli,

Laura Graziani, Alessandra Maramai (INGV)

Adattamento testi:

Roberto Luciani

Illustrazioni:

Francesca Di Laura – Laboratorio Grafica e Immagini (INGV)

Progetto grafico e impaginazione:

Carlo Boschi

Redazione:

Morgana Clinto

Contributi:

Corrado Castellano, Antonella Marsili,

Raffaele Moschillo, Maurizio Pignone (INGV)

Ringraziamenti:

Luca Arcoraci, Romano Camassi, Salvatore Mazza,

Daniela Riposati (INGV)

www.giuntiprogettieducativi.it

© 2008, INGV Roma

Prima edizione: agosto 2008

Stampato presso Giunti Industrie Grafiche S.p.A. – Stabilimento di Prato

Terremoti e maremoti sono stati per lungo tempo considerati fenomeni misteriosi e imprevedibili, i cui effetti a volte disastrosi hanno per secoli spaventato gli uomini. Le spiegazioni di queste catastrofi sono state nel passato le più varie: giganti imprigionati sottoterra, arrabbiate di dei infuriati, passaggi di comete nel cielo e gas che fuoriuscivano con violenza da cavità sotterranee; queste e altre spiegazioni hanno dato ai nostri progenitori l'idea di essere completamente "in balia degli eventi".

Oggi la situazione è completamente cambiata: conosciamo molto di più di questi fenomeni, del perché avvengono, quali meccanismi li scatenano e soprattutto come possiamo difenderci prevenendo i possibili rischi da essi provocati. In questo libro terremoti e maremoti vengono "scoperti" come fenomeni naturali. Perché e dove avvengono? Come si misurano? Quali sono stati quelli più forti in Italia e nel mondo?

Rispondere a queste domande ci porta a capire come possiamo difenderci e quali sono gli strumenti più moderni per una efficiente "strategia di difesa".

Insomma, non è più tempo di spiegazioni fantasiose, ma adesso che conosciamo meglio i terremoti e i maremoti dobbiamo anche sapere come comportarci se viviamo o andiamo in zone a rischio.

Buona lettura

Concetta Nostro, Andrea Tertulliani, Emmanuel Baroux

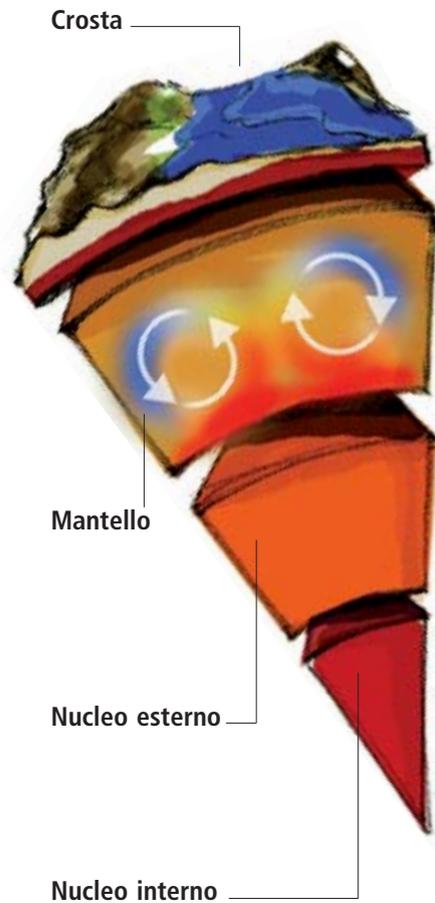
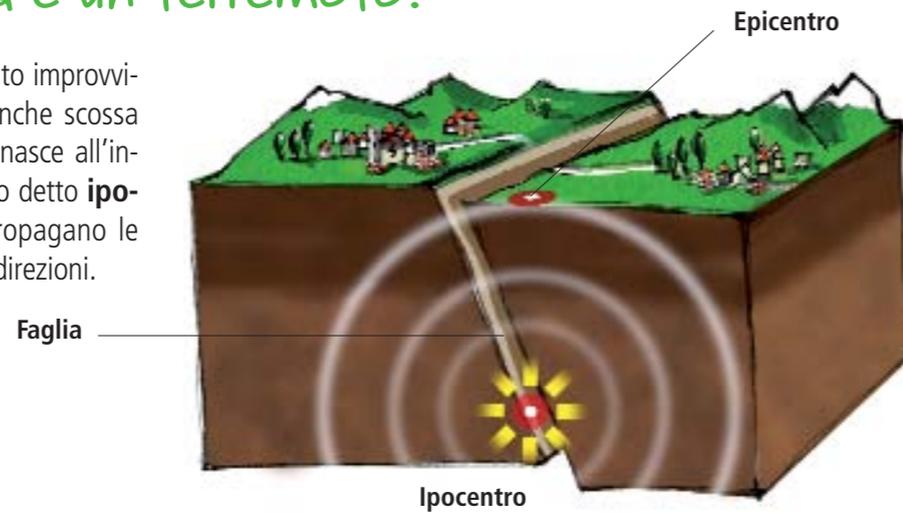
conoscere il terremoto





Che cosa è un terremoto?

Un terremoto è un movimento improvviso del terreno. Chiamato anche scossa sismica, questo movimento nasce all'interno della Terra, in un punto detto **ipocentro**. È da qui che si propagano le **onde sismiche** in tutte le direzioni.



Le onde sismiche producono effetti sull'uomo e sull'ambiente, e sono anche la migliore fonte di informazione per studiare l'interno della Terra. È un po' quello che succede quando usiamo i raggi X per esaminare i nostri organi interni.

Dall'inizio del XX secolo le tecniche di registrazione delle onde sismiche e i metodi per 'leggerle' e interpretarle hanno fatto grandi progressi. Grazie ad essi abbiamo potuto capire qual è la struttura profonda della Terra. Se potessimo aprirla come una pesca, vedremmo che la Terra è fatta a strati: i principali sono **crosta, mantello e nucleo**.

La crosta e la parte più esterna del mantello costituiscono la **litosfera**: i terremoti nascono qui. Le rocce che formano la crosta e il mantello superiore subiscono continuamente giganteschi sforzi, che sono il risultato di lenti movimenti tra le grandi **placche** in cui è suddiviso lo strato più superficiale della Terra, come se fosse il guscio incrinato di un uovo. E come succede al guscio, le placche si comportano in modo più rigido rispetto al materiale più fluido che sta sotto.

Gli sforzi sono massimi vicino ai confini tra le placche, come per esempio in Italia e in generale in tutto il Mediterraneo, e minimi all'interno delle placche stesse, come succede nel Canada o nell'Africa centro-occidentale.

sconquassi dall'**A** alla **Z**

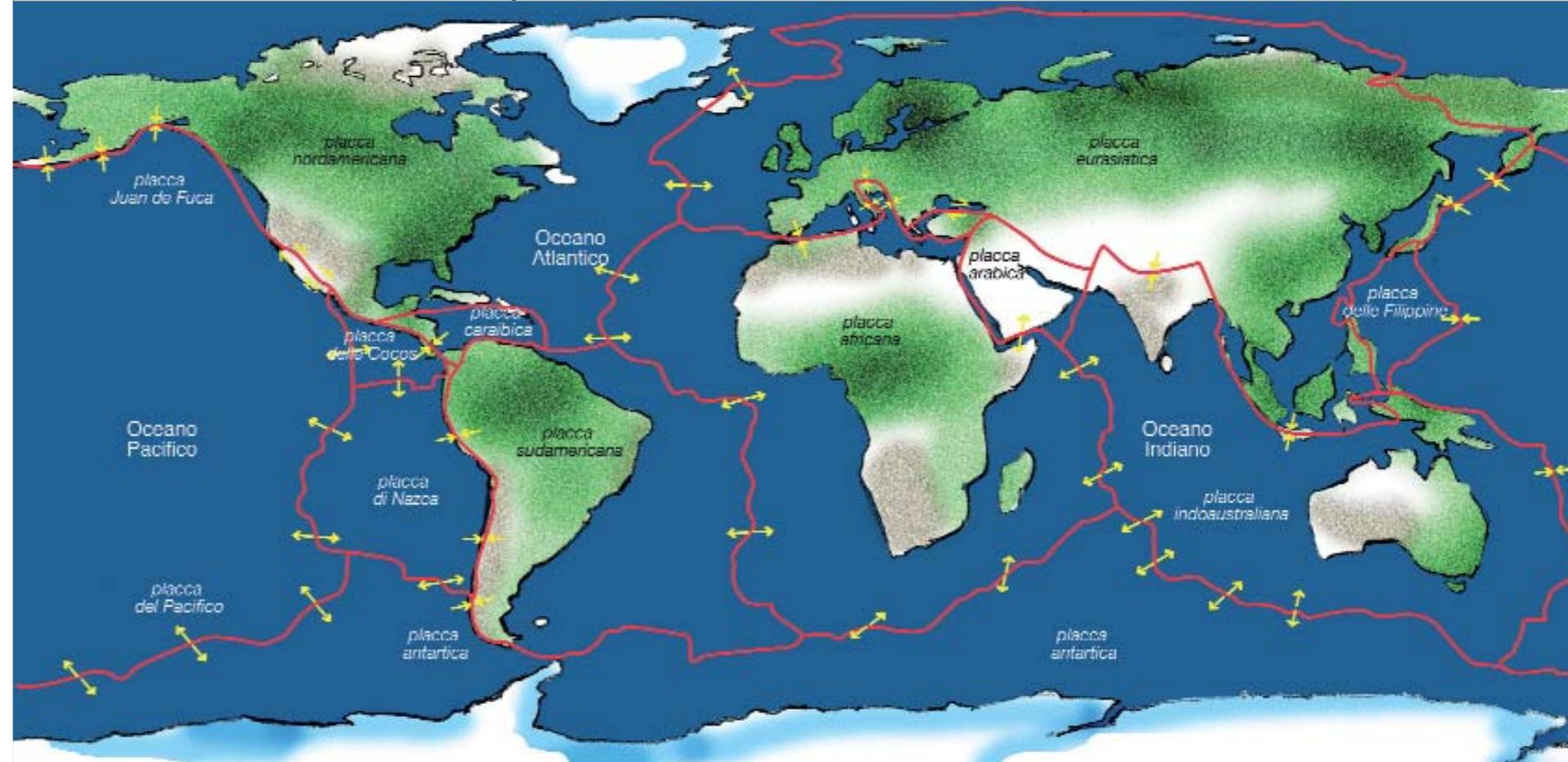
Crosta terrestre: involucro più esterno della parte solida della Terra. Il suo spessore varia tra i 10 e i 70 chilometri.

Mantello: parte della Terra compresa tra la crosta e il nucleo. Si estende fino a circa 2.900 chilometri di profondità.

Nucleo: parte centrale della Terra, sotto i 2.900 chilometri di profondità. È a sua volta suddiviso in nucleo esterno (fuso) e nucleo interno (solido).

Placche tettoniche: chiamate anche zolle, sono le parti in cui è suddivisa la crosta terrestre.

Le placche tettoniche e i loro movimenti



Le rocce che formano la crosta hanno un limite di resistenza e quando gli sforzi superano questo limite le rocce si rompono. La frattura si propaga in modo rapido e violento, liberando energia sotto forma di onde elastiche: sono loro che fanno tremare la terra sotto i piedi.



Fase 1

Situazione di quiete: le forze all'interno della crosta sono in equilibrio.

Fase 2

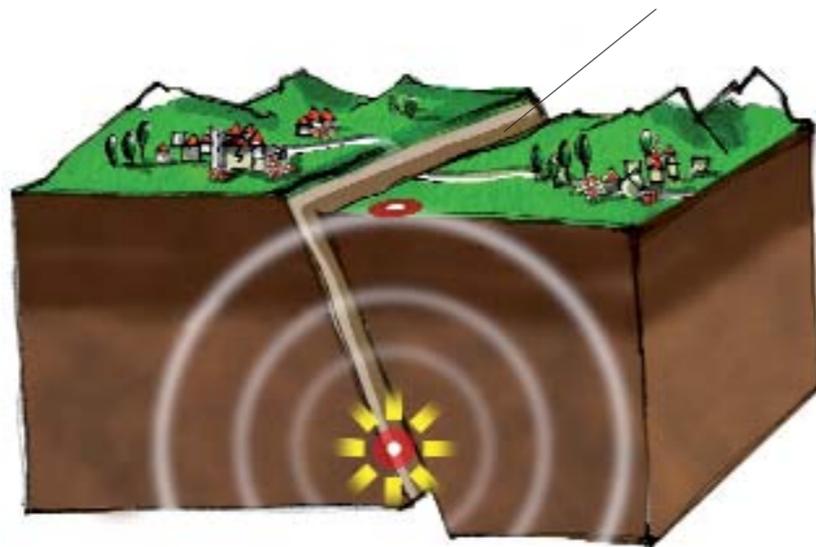
L'equilibrio si altera: le rocce, a causa degli sforzi, si deformano.

Fase 3

Il terremoto! Il limite di rottura delle rocce viene superato e queste si spezzano, provocando delle deformazioni permanenti.

Qualche volta la frattura si rende visibile anche in superficie, formando dei gradini detti **scarpate di faglia**, effetto del processo avvenuto nelle profondità della Terra.

Scarpata di faglia



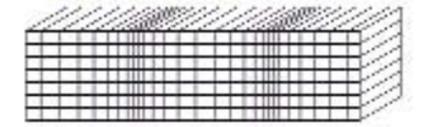
sconquassi dall'A alla Z

Scarpata di faglia: deformazione permanente della superficie terrestre, prodotta dallo scorrimento di una parte della faglia rispetto all'altra. Questo movimento è la causa di un terremoto.

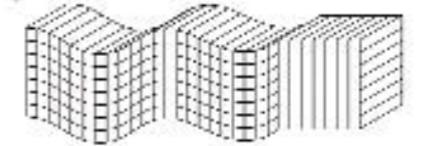


Che cosa sono le onde sismiche?

La rottura delle rocce libera una enorme quantità di energia, che a sua volta genera delle potenti oscillazioni. Queste oscillazioni, che si propagano nella Terra, si chiamano onde sismiche. Un terremoto ne genera diversi tipi. Le principali sono le **onde P** e le **onde S**. Le onde P (come "Prime") fanno vibrare il suolo nella stessa direzione in cui si propagano. Esse comprimono e dilatano in successione le rocce che attraversano, come una fisarmonica. Invece le onde S (come "Seconde") fanno vibrare le rocce perpendicolarmente rispetto alla loro direzione di marcia, come una corda che viene scossa. Le onde P sono più veloci delle onde S (circa 1,7 volte), quindi sono le prime ad essere registrate dai sismografi, seguite dalle più lente onde S.



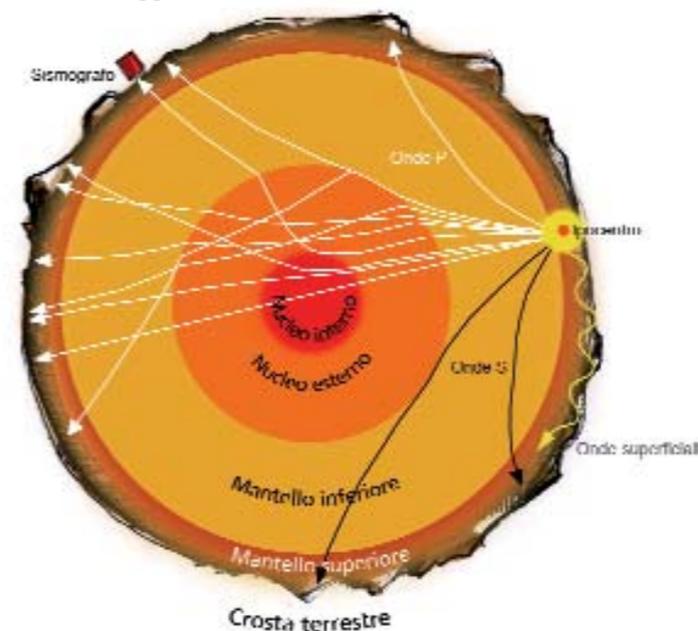
Onde P



Onde S

Le onde sismiche attraversano gli strati della Terra variando la velocità e anche la loro direzione a seconda della densità dello strato che attraversano: maggiore è la densità, maggiore è la velocità e diversa è la direzione di propagazione. Andando verso il centro della Terra, il passaggio da uno strato all'altro fa sì che i **raggi sismici** non percorrano traiettorie dritte ma curve.

Percorso dei raggi sismici



sconquassi dall'A alla Z

Onde P (Prime): onde di volume dette anche longitudinali, perché vibrano parallelamente alla direzione dell'onda. Sono le più veloci tra le onde sismiche, quindi le prime ad essere registrate in occasione di un terremoto.

Onde S (Seconde): onde di volume dette anche trasversali o di taglio, perché vibrano perpendicolarmente alla direzione dell'onda. Non si propagano nei liquidi e hanno velocità inferiore alle onde P.

Raggio sismico: direzione di propagazione dell'energia trasportata dalle onde sismiche.



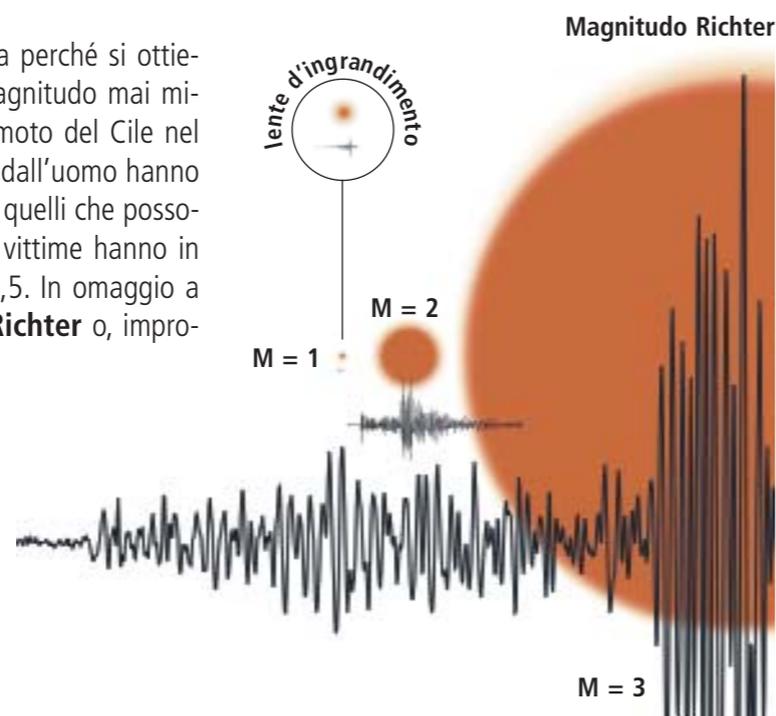
Come si misura la grandezza di un terremoto?

La grandezza di un terremoto si misura con due valori diversi: la magnitudo e l'intensità.

La **magnitudo** ("escogitata" nel 1935 dal famoso sismologo Charles F. Richter) si usa per misurare quanto è stato "forte" un terremoto, cioè per stimare quanta energia elastica quel terremoto ha sprigionato. Infatti fra la grandezza, o magnitudo, e l'energia di un terremoto c'è un rapporto matematico molto particolare. Ogni volta che la magnitudo sale di una unità l'energia aumenta non di una, ma di ben 30 volte. In altre parole, rispetto a un terremoto di magnitudo 1, un terremoto di magnitudo 2 è 30 volte più forte, mentre uno di magnitudo 3 è 900 volte più forte!

La magnitudo è una misura oggettiva perché si ottiene tramite strumenti. La massima magnitudo mai misurata, pari a 9,5, è quella del terremoto del Cile nel 1960. I più piccoli terremoti percepiti dall'uomo hanno una magnitudo intorno a 2,5, mentre quelli che possono provocare danni alle abitazioni e vittime hanno in genere una magnitudo superiore a 5,5. In omaggio a C.F. Richter si parla di **magnitudo Richter** o, impropriamente, di "Scala Richter".

Un terremoto maggiore di un altro di una unità di magnitudo lascia una traccia dieci volte più grande, ma libera un'energia trenta volte più grande.



Scala Mercalli

I - II grado ▾



Avvertito solo dagli strumenti e da pochissime persone.

III - IV grado ▾



Avvertito da alcuni. Oggetti e mobili possono oscillare.

V - VI grado ▾



Avvertito da tutti. Danni molto lievi alle abitazioni.

VII - VIII grado ▾



Danni da lievi a moderati agli edifici. Qualche crollo parziale.

IX - X grado ▾



Danni gravi e gravissimi, crolli. Spaccature nel suolo.

XI - XII grado ▾



Distruzione quasi totale o totale delle opere umane. Cambiamenti del paesaggio.

L'altro modo per misurare un terremoto è secondo la sua **intensità**. Ad essere presi in esame qui sono gli effetti sull'ambiente, sulle cose e sull'uomo. Per esempio, il crollo di edifici a causa di un terremoto è importante per stabilirne l'intensità. Se la magnitudo di un certo terremoto è solo una, l'intensità invece può cambiare da luogo a luogo, secondo quel che è successo a cose e persone. In genere, più ci si allontana dall'epicentro e più l'intensità diminuisce. L'intensità di un terremoto viene espressa con la **scala Mercalli**, dal nome del sismologo italiano che per primo, all'inizio del XX secolo, classificò i terremoti secondo gli effetti e i danni che producevano. Questa scala (successivamente modificata da Cancani e Sieberg) si compone di dodici gradi: più alto il grado, più disastroso il terremoto. Mentre gli strumenti registrano anche i terremoti impercettibili, equivalenti al I grado, l'uomo li avverte 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 come deformazioni del suolo, frane e addirittura variazioni del corso dei fiumi.

Per stimare l'intensità di un terremoto bisogna osservare e valutare gli effetti che esso ha causato in tutta l'area interessata. Per questo, dopo un terremoto, squadre di tecnici specializzati compiono ricognizioni nella zona colpita e raccolgono dati per realizzare delle mappe (**mappe macrosismiche**) in cui le diverse località sono raggruppate secondo l'intensità del sisma.



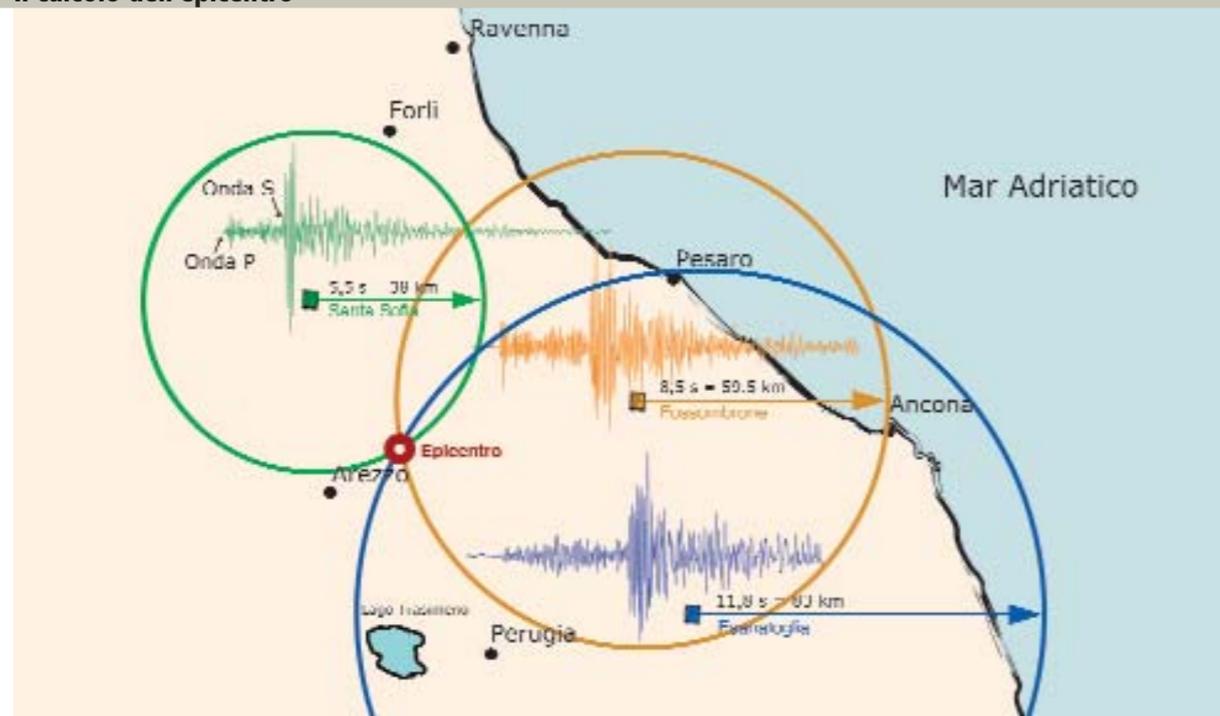
Mapa macrosismica del terremoto dell'Irpinia del 1980. Ogni linea di colore diverso (isolinea) racchiude le località di uguale grado di intensità, cioè le aree che hanno subito lo stesso grado di danneggiamento.

La scala Mercalli misura gli effetti di un terremoto, che possono variare moltissimo a seconda della distanza dall'epicentro e del tipo di costruzioni. I numeri romani rappresentano i diversi gradi della scala Mercalli.

Come si calcola l'epicentro

La differenza tra il tempo di arrivo delle onde P e quello delle onde S permette di ottenere, dopo qualche calcolo, la distanza tra l'epicentro e la stazione dove si trova il sismografo. Ripetendo lo stesso procedimento per tre o più stazioni si può calcolare esattamente dove si trova l'epicentro.

Il calcolo dell'epicentro



In questo esempio semplificato, incrociando i singoli dati ottenuti da tre diverse stazioni sismiche della Rete Sismica Nazionale, si è riusciti a individuare l'epicentro di un piccolo terremoto nell'Appennino umbro-marchigiano. La Rete è gestita dall'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia.

sconquassi dall'A alla Z

Intensità: valutazione di quanto è stato forte un terremoto, basata sugli effetti su cose e persone. La stima è ricavata dai danni alle costruzioni, dalle modificazioni dell'ambiente naturale e dalle testimonianze dirette. A seconda dell'effetto osservato si attribuisce a una zona un grado della Scala Mercalli.

Scala Mercalli-Cancani-Sieberg (MCS): classificazione degli effetti del terremoto. Esprime l'intensità in gradi, dal I (scossa strumentale) al XII (distruzione totale).

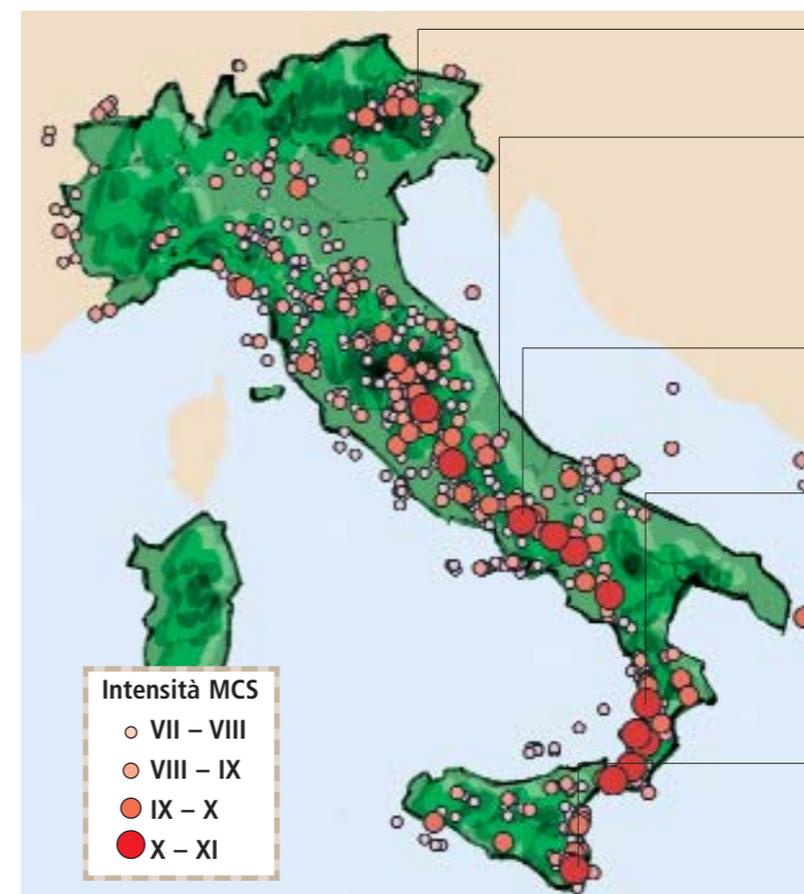
Magnitudo Richter: stima dell'energia di un terremoto, ottenuta a partire dall'ampiezza delle onde sismiche registrate dai sismometri.



Dove avvengono i terremoti in Italia?

Raccogliere e analizzare più dati possibile sui terremoti è utilissimo: non solo per metterne in relazione cause ed effetti, ma anche per cercare di prevenire i disastri più gravi. Di solito, i terremoti accadono in zone già colpite in passato, chiamate **aree sismogenetiche** (dove cioè si generano i sismi). Qui lo sforzo tettonico causato dal movimento delle placche in cui è suddiviso il guscio esterno della Terra è maggiore. Ne consegue che anche l'accumulo sotterraneo di energia e deformazione è più grande.

Sulla mappa dei terremoti italiani del passato è facile vedere che i più forti si sono verificati in Sicilia, nelle Alpi orientali e lungo gli Appennini centro-meridionali, dall'Abruzzo alla Calabria. Ma abbiamo avuto terremoti importanti anche nell'Appennino centro-settentrionale e nel Gargano. Ci sono stati almeno 560 terremoti forti, fortissimi e catastrofici – in media uno ogni quattro anni e mezzo – e solo negli ultimi 100 anni i terremoti di magnitudo superiore a 5,8 sono stati 28.



La sismicità storica dal 217 a.C. al 1980

A partire dal Trecento, il Friuli è stato devastato dai terremoti quasi ogni secolo.

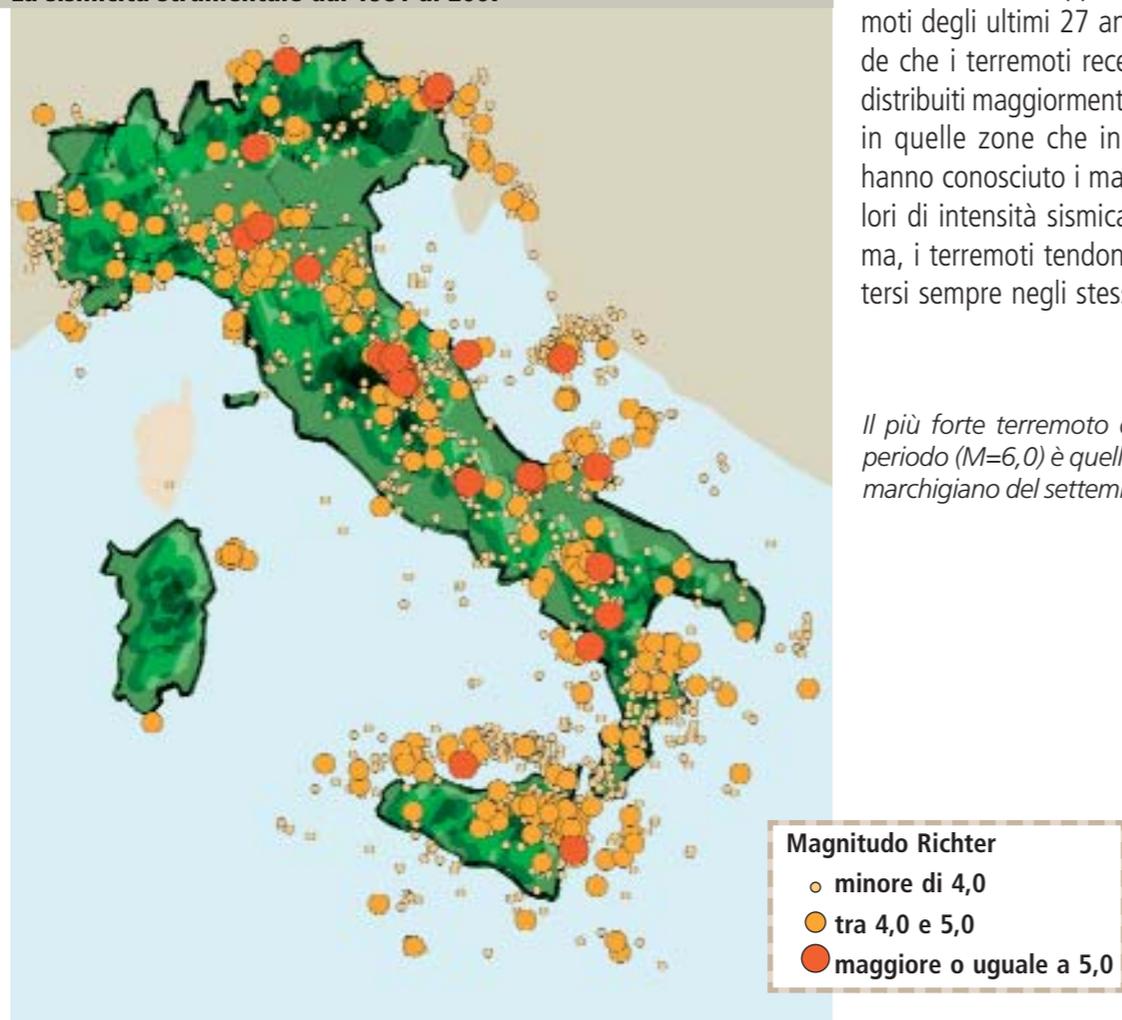
Il terremoto della Marsica del 1915 provocò la maggior percentuale di vittime della storia sismica italiana: soltanto ad Avezzano ci furono 10.000 morti, pari al 95% della popolazione.

Il terremoto che nel 1980 colpì l'Irpinia diede un impulso decisivo alla ricerca sismologica e allo sviluppo della rete di monitoraggio.

Tra il 1783 e il 1908 la Calabria ha subito ben otto terremoti catastrofici: la sequenza più disastrosa mai avvenuta in Italia. Con le sue circa 100.000 vittime, il terremoto che nel 1908 distrusse Messina e Reggio Calabria fu il più grave del XX secolo in Italia.

Dopo il terremoto del decimo grado di intensità che distrusse Siracusa nel 1542, la città rimase abbandonata per vent'anni.

La sismicità strumentale dal 1981 al 2007



Guardando la mappa dei terremoti degli ultimi 27 anni, si vede che i terremoti recenti sono distribuiti maggiormente proprio in quelle zone che in passato hanno conosciuto i massimi valori di intensità sismica. Insomma, i terremoti tendono a ripetersi sempre negli stessi posti.

Il più forte terremoto di questo periodo ($M=6,0$) è quello umbro-marchigiano del settembre 1997.

Negli ultimi 27 anni i sismometri hanno registrato più di 100.000 eventi sismici in Italia, in gran parte concentrati all'interno delle aree montuose e nelle zone vulcaniche. La maggior parte di questi non è stata avvertita dalla popolazione. Solo 42 terremoti hanno avuto una magnitudo superiore a 5,0.

Può sembrare che in questi ultimi anni siano avvenuti più terremoti che in passato. In realtà l'implementazione e lo sviluppo tecnologico della rete di monitoraggio sismico, avvenuti dopo il 1980, hanno permesso di registrare terremoti sempre più piccoli, quasi impercettibili.

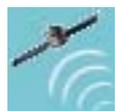
Questi terremoti avvenivano certamente anche in passato, ma non esistevano strumenti per registrarli e quindi non ne è rimasta traccia.



Quali sono i forti terremoti dal 1900 in poi?

Dal 1900 ad oggi si sono verificati 28 terremoti molto forti ($M>5,8$), alcuni dei quali sono stati catastrofici. Qui di seguito li riportiamo in ordine cronologico. Il più forte tra questi è il terremoto che nel 1908 distrusse Messina e Reggio Calabria, provocando anche violente onde di maremoto.

Anno	Mese	Giorno	Area	Intensità	Magnitudo
1905	9	8	Calabria	X – XI	7,1
1907	10	23	Calabria	IX	5,9
1908	12	28	Stretto di Messina (Calabria, Sicilia)	XI	7,2
1910	6	7	Irpinia (Basilicata)	IX	5,9
1914	10	27	Garfagnana (Toscana)	VII	5,8
1915	1	13	Avezzano (Abruzzo)	XI	7,0
1916	8	16	Mar Adriatico settentrionale	VIII	5,9
1916	5	17	Mar Adriatico settentrionale	VIII	5,9
1917	4	26	Monterchi – Citerna (Toscana – Umbria)	IX – X	5,8
1918	11	10	Appennino forlivese (Emilia Romagna)	VIII	5,8
1919	6	29	Mugello (Toscana)	IX	6,2
1920	9	7	Garfagnana (Toscana)	X	6,5
1928	3	7	Capo Vaticano (Calabria)	VIII	5,9
1930	7	23	Irpinia (Campania)	X	6,7
1930	10	30	Senigallia (Marche)	VIII – IX	5,9
1936	10	18	Bosco Cansiglio (Veneto)	IX	5,9
1943	10	3	Ascolano (Marche)	IX	5,8
1962	8	21	Irpinia (Campania)	IX	6,2
1968	1	15	Valle del Belice (Sicilia)	X	6,1
1976	5	6	Friuli	IX – X	6,4
1976	9	15	Friuli	VIII – IX	5,9
1978	4	15	Golfo di Patti (Sicilia)	VIII	6,1
1979	9	19	Valnerina (Umbria)	VIII – IX	5,9
1980	11	23	Irpinia (Campania, Basilicata)	X	6,9
1984	5	7	Lazio – Abruzzo	VIII	5,9
1990	5	5	Potentino (Basilicata)	VII – VIII	5,8
1997	9	26	Umbria – Marche	IX	6,0
2002	10	31	Molise	VIII – IX	5,8



Chi si occupa di vigilare sui terremoti?

I terremoti catastrofici avvenuti in Italia e nel mondo ci hanno insegnato che un'informazione rapida e precisa è indispensabile perché la Protezione Civile possa organizzare i primi soccorsi nelle zone colpite. Per questo l'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia ha installato più di 250 **stazioni sismiche** su tutto il territorio nazionale. Sono postazioni fisse, dotate di strumenti che rilevano ogni minimo movimento del suolo. Insieme formano la Rete Sismica Nazionale, il cui "cervello" è la Sala Operativa di monitoraggio sismico di Roma. Altre Sale Operative dell'INGV a Napoli e Catania sorvegliano le zone vulcaniche in attività: quella del Vesuvio e Campi Flegrei, quella dell'Etna e i vulcani delle Isole Eolie.

La sala operativa di monitoraggio sismico



Per 365 giorni l'anno, 24 ore su 24, le tre sale operative controllano l'attività sismica del territorio nazionale e del bacino mediterraneo. Questo lavoro di sorveglianza viene svolto da tecnici specializzati e sismologi, che studiano ed elaborano i dati trasmessi in tempo reale dalle stazioni della Rete Sismica. In caso di terremoto si può quindi avere un'analisi accurata del fenomeno e trasmettere in pochi minuti alla Protezione Civile la posizione dell'ipocentro, la magnitudo, la lista delle località più vicine all'epicentro. Non solo: calcolando con modelli matematici dove e come si propagano le onde sismiche è possibile avere un'idea anche degli effetti che ci si aspettano su cose e persone in seguito alla scossa.

sconquassi dall'**A** alla **Z**

Stazione sismica: insieme di strumenti che rilevano e registrano i movimenti del terreno. È composta dal sismometro e dai sistemi di registrazione e trasmissione, posti in un luogo geologicamente adatto e lontano da fonti di disturbo (attività industriali o urbane, per esempio).



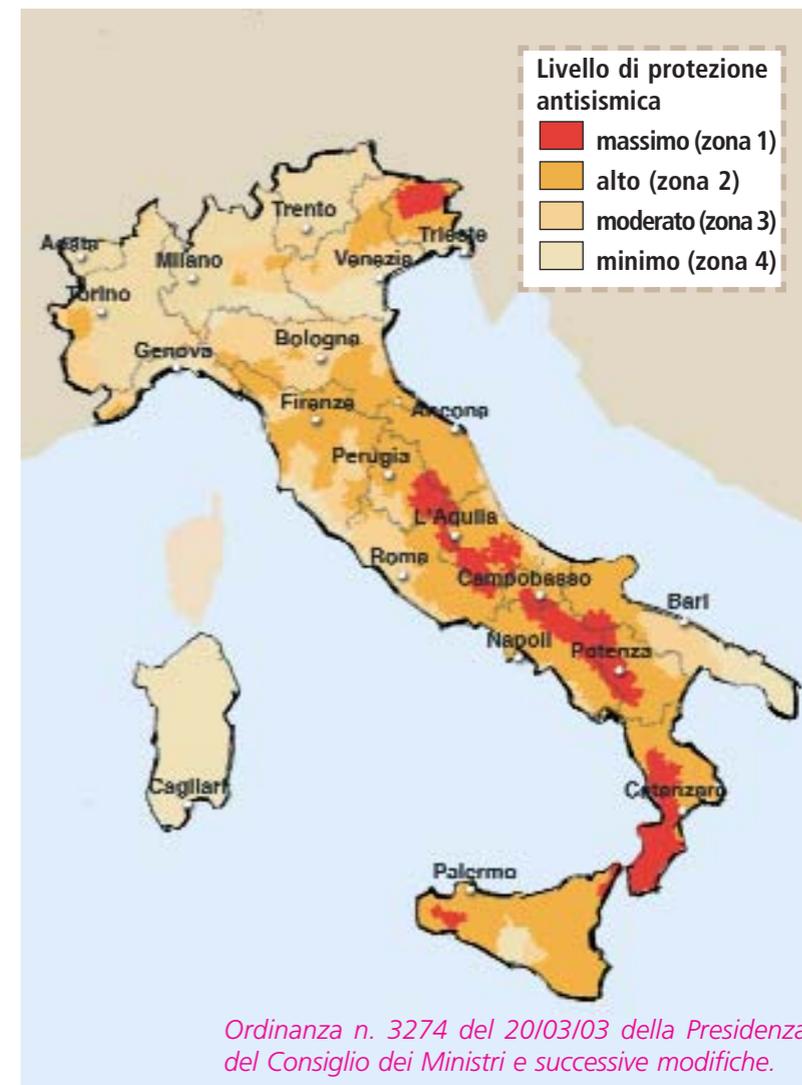
Previsione o prevenzione?

Prevedere un terremoto non è possibile. Ma anche se lo fosse, non potremmo certo evitarlo! Però qualcosa si può fare: cercare di ridurre i danni provocati dai terremoti. Per fare questo servono delle misure di **prevenzione**. La più importante consiste nel costruire edifici resistenti agli squassamenti e alle vibrazioni dei terremoti più forti che possiamo aspettarci in quella zona. Per questo attualmente ogni comune italiano è classificato per legge secondo la **pericolosità sismica**, cioè la probabilità che venga colpito da un terremoto. Questa classificazione si basa soprattutto sull'analisi dei terremoti del passato.

Il territorio nazionale è stato classificato in base al rischio sismico in ciascun comune, secondo le stime di pericolosità fornite dall'INGV. I 4.674 comuni appartenenti alle zone 1, 2, e 3 della nuova classificazione sismica, costituiscono il 68% del territorio nazionale e il 64% della popolazione.

A ogni categoria di rischio corrispondono norme tecniche più o meno stringenti per la costruzione di nuovi edifici e per gli interventi su quelli già esistenti.

Più una certa zona è stata colpita da forti terremoti in passato, più è probabile che lo sia anche in futuro. Questa probabilità ci dice quanto è pericolosa quella zona in termini sismici. Su questa mappa, in continuo aggiornamento, la pericolosità delle varie zone va dal minimo (colore beige) al massimo (colore rosso).



Ordinanza n. 3274 del 20/03/03 della Presidenza del Consiglio dei Ministri e successive modifiche.

La classificazione sismica

Da "La Domenica del Corriere", il terremoto di Avezzano, 1915 ▾

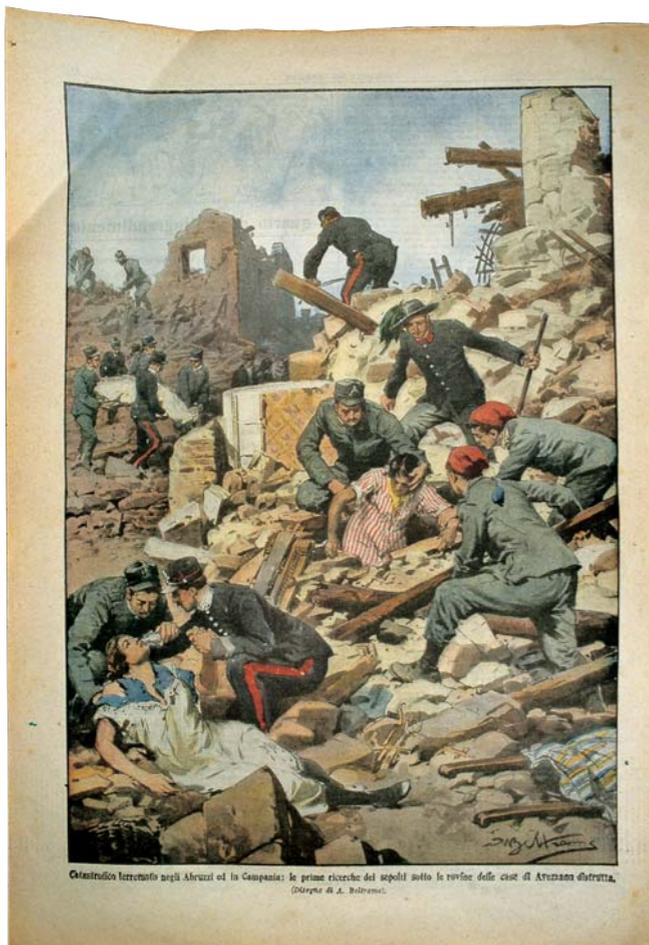


Illustrazione terremoto negli Abruzzi ed in Campania: le prime ricerche dei sepolti sotto le rovine delle case di Avezzano distrutta. (Domenica del Corriere)

Alcuni danni del terremoto di Izmit, Turchia, 1999 ▾



I comuni classificati come sismici devono rispettare precise norme sulla progettazione delle costruzioni nuove e sull'adeguamento di quelle vecchie. Insomma, le loro case non dovranno cadere giù in caso di scossa.

La classificazione sismica in Italia, e in Paesi molto a rischio come il Giappone o la California, si basa su questo: ogni area sismica, in qualunque momento, può generare terremoti simili a quelli del passato.

Certamente le misure di prevenzione sarebbero molto più efficaci se riuscissimo a prevedere non solo il "dove" e il "quanto forte", ma anche il "quando" di un certo terremoto. Sarebbe come avere la famosa palla di cristallo! Innumerevoli tentativi sono stati effettuati da sismologi di ogni epoca, studiando il suolo e i fenomeni premonitori (così si chiamano i segnali che qualcosa sta per accadere). Purtroppo nessuno di loro ha messo a punto una tecnica affidabile e quindi utilizzabile in pratica. Per adesso, insomma, niente palla di cristallo!

sconquassi dall'**A** alla **Z**

Prevenzione sismica: insieme di azioni che la comunità intraprende per attenuare i danni causati dai terremoti: la costruzione di edifici antisismici, l'individuazione dei piani di emergenza, l'educazione al rischio.



Cos'è il rischio sismico?

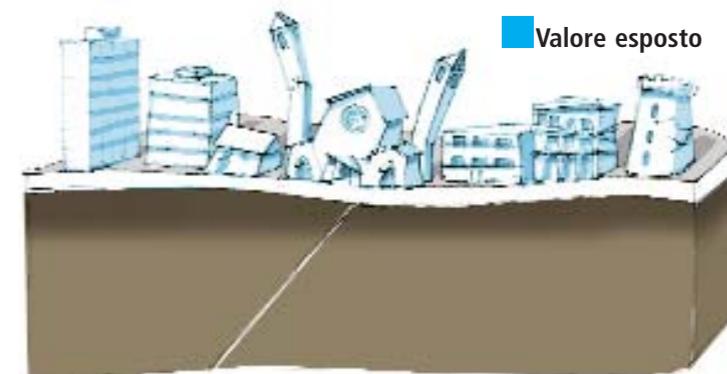
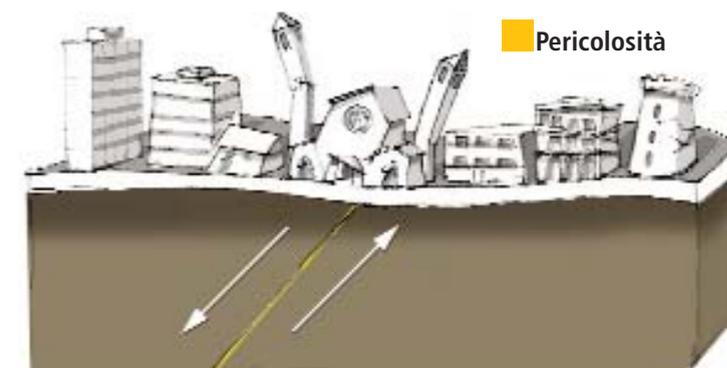
Per gli studiosi è il prodotto di una strana moltiplicazione: pericolosità per valore esposto per vulnerabilità. Vediamo come mai.

Mettiamo che una certa zona si estenda su una faglia attiva: già in passato è stata colpita da forti terremoti. È probabile che prima o poi il fenomeno si ripeta, dunque quella zona è ad alta **pericolosità** sismica. Mettiamo anche che nella zona ci sia un centro abitato con palazzi antichi, monumenti, case vecchie ma anche edifici nuovi costruiti secondo le norme antisismiche. Questo insieme di costruzioni e persone si chiama **valore esposto**: esposto appunto al pericolo di terremoti. Fra gli edifici esposti, quelli antisismici non corrono seri pericoli: sono, come si dice, poco vulnerabili. Invece la **vulnerabilità** di case vecchie o comunque non antisismiche, di palazzi e monumenti antichi o rovinati è maggiore, perché è più facile che questi edifici siano danneggiati da una scossa. Il rischio sismico per cose e persone è appunto il prodotto di pericolosità, valore esposto e vulnerabilità. Ecco perché, parlando di terremoti, pericolosità e rischio sono due cose distinte.

Edifici antisismici

Un edificio antisismico è una struttura fatta in modo da sopportare il terremoto più forte che ci si può aspettare nella zona sulla quale sorge.

$$\text{Pericolosità} \times \text{Valore esposto} \times \text{Vulnerabilità} = \text{Rischio}$$



conoscere il maremoto

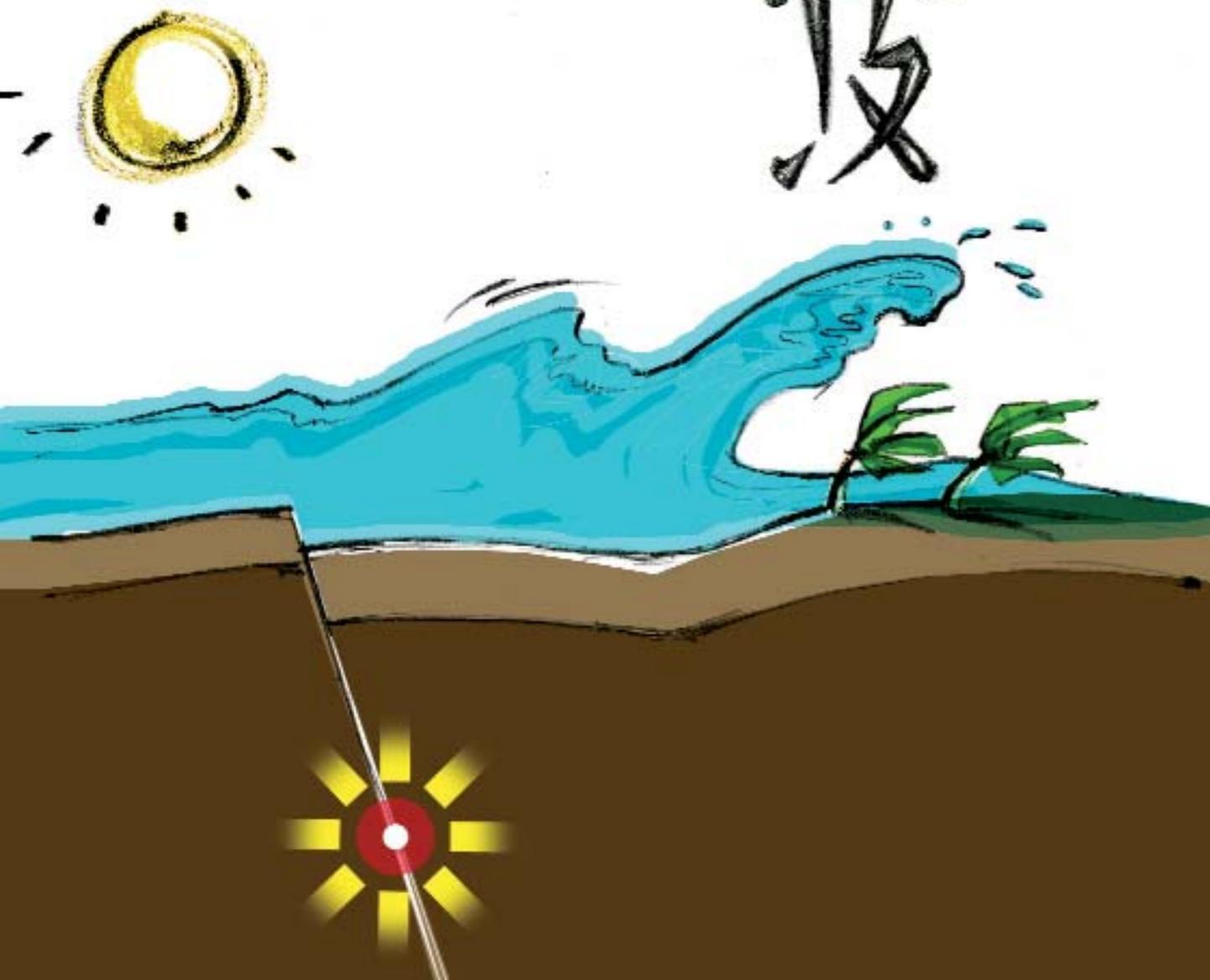




Che cosa è uno "tsunami"?

La parola *tsunami* è giapponese: *tsu* significa porto e *nami* onda. Già anticamente infatti si osservava che alcune onde diventavano devastanti avvicinandosi alla costa e superando le barriere di protezione dei porti. In italiano diciamo **maremoto**, per indicare una serie di onde che superano la normale linea costiera provocando danni all'interno dei porti, lungo la costa e a volte anche nell'entroterra.

津波



Che differenza c'è tra le onde di tsunami e le altre onde?

Le onde di maremoto si distinguono dalle comuni onde del mare per alcune caratteristiche. Le comuni onde marine, prodotte dal vento, muovono solo la parte più superficiale dell'acqua, non provocando alcun movimento in profondità. Le onde di tsunami invece muovono tutto lo spessore d'acqua, dal fondale alla superficie. È per questo che il loro impatto sulla costa è molto più forte e capace di spingerle, a differenza delle altre, a gran velocità per molte centinaia di metri nell'entroterra.

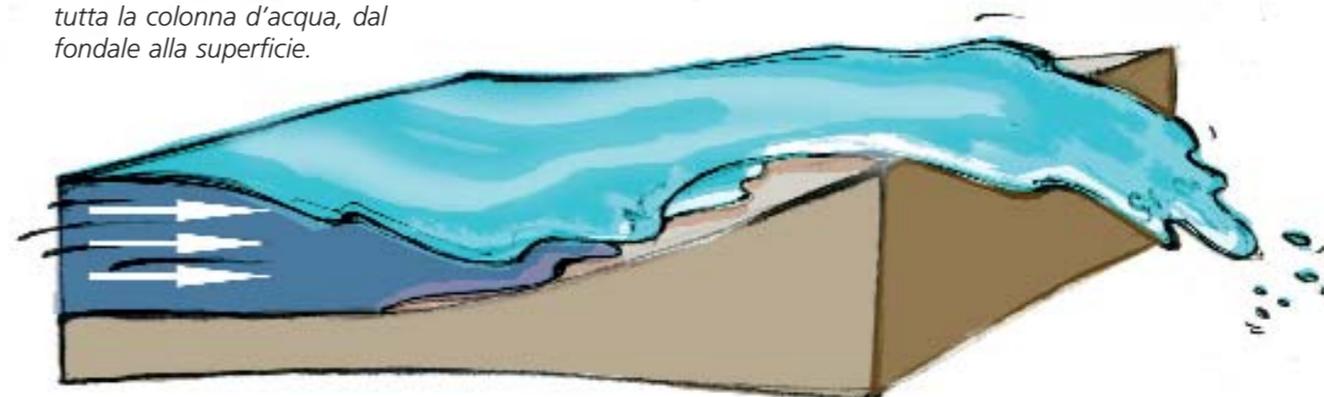
L'onda di maremoto si presenta come un muro d'acqua che si abbatte sulla costa provocando un'inondazione, oppure come un rapido innalzamento del livello del mare, simile a una marea che cresce rapidamente. A volte l'onda può essere preceduta da un temporaneo e insolito ritiro delle acque (anche di molti metri) che lascia in secco i porti e le coste.

Le onde prodotte dal vento muovono solamente la parte superficiale dell'acqua.



◆ Le onde a confronto

Le onde di tsunami muovono tutta la colonna d'acqua, dal fondale alla superficie.





Quali sono le cause di uno tsunami?

Uno tsunami nasce dallo spostamento istantaneo di una grande massa d'acqua, causato da terremoti sottomarini, da frane sottomarine o costiere, da eruzioni vulcaniche e perfino, molto raramente, da meteoriti che cadono in mare.

La sua energia, e quindi la sua pericolosità, dipende dalla grandezza del fenomeno che lo ha causato. Fortunatamente sono pochi gli tsunami veramente distruttivi.



La nave in mare aperto può non avvertire il terremoto e l'onda da esso provocata.

▲ Lo tsunami prodotto da terremoto sottomarino

Uno tsunami può essere generato da un terremoto sottomarino se questo:

- è molto forte, con magnitudo superiore a 6,5;
- ha un ipocentro non troppo profondo;
- produce uno spostamento verticale del fondo marino.

Ma cosa succede esattamente quando si verifica un forte terremoto sottomarino?

Una parte del fondale si solleva bruscamente con uno spostamento verticale. La massa d'acqua al di sopra perde il suo equilibrio e si mette in moto, tanto che in superficie si formano una o più onde che, anche se basse poche decine di centimetri, hanno una grande **lunghezza d'onda**. In mare aperto, le onde di tsunami sono quasi impercettibili: di rado superano il metro d'altezza, ma la loro lunghezza può essere addirittura di centinaia di chilometri.

sconquassi dall'**A** alla **Z**

Lunghezza d'onda: distanza tra la cresta di un'onda e la successiva o tra due cavi successivi.

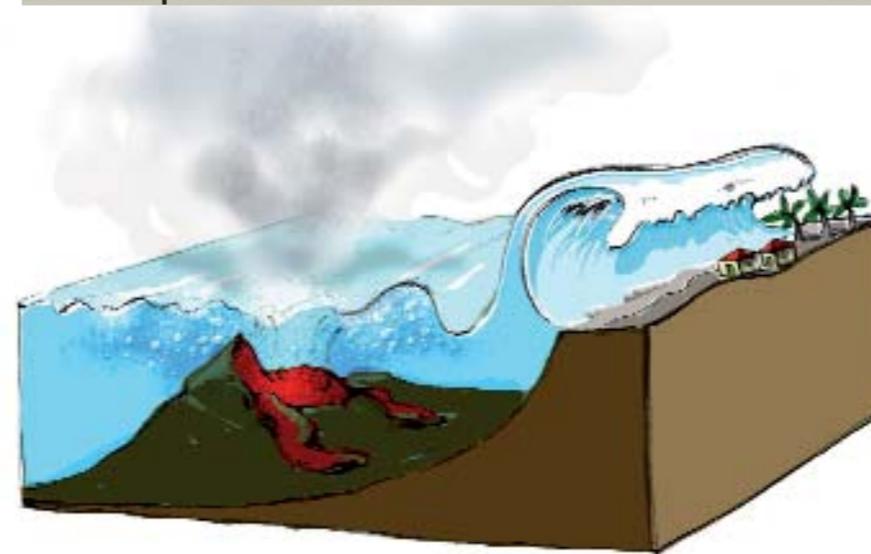
Caldera: quello che resta di un edificio vulcanico a seguito del collasso della camera magmatica.

Gli tsunami prodotti dalle frane hanno meno energia rispetto a quelli generati dai terremoti. La loro forza si esaurisce più in fretta, senza arrivare molto lontano: tuttavia questi maremoti possono produrre onde molto alte ed essere distruttivi nelle aree vicine alla frana.



Lo tsunami prodotto da eruzione ▼

Lo tsunami prodotto da frana ▲



I maremoti generati da eruzioni vulcaniche sono meno frequenti di quelli prodotti da terremoti sottomarini. Violente eruzioni possono provocare lo spostamento di grandi volumi d'acqua e generare pericolosi maremoti.

I maremoti di origine vulcanica sono causati principalmente da eruzioni esplosive.

Questo accade quando la bocca eruttiva del vulcano sottomarino si trova vicino alla superficie dell'acqua. Eruzioni di vulcani subaerei, situati in prossimità delle coste, possono produrre dense nubi di gas e frammenti di lava che, scivolando ad alta velocità lungo le pendici del vulcano, spostano grandi volumi d'acqua precipitando in mare.

In caso di eruzioni particolarmente violente, l'edificio vulcanico può crollare totalmente o in parte formando una **caldera**. Se ciò accade su un'isola vulcanica si può verificare un maremoto. Questo accadde al vulcano dell'isola di Santorini che, intorno al 1600 a.C., provocò un maremoto che interessò gran parte del Mediterraneo orientale. Ugualmente, nel 1883, durante una forte eruzione il vulcano Krakatoa, in Indonesia, collassò generando un maremoto con onde alte oltre 40 metri.

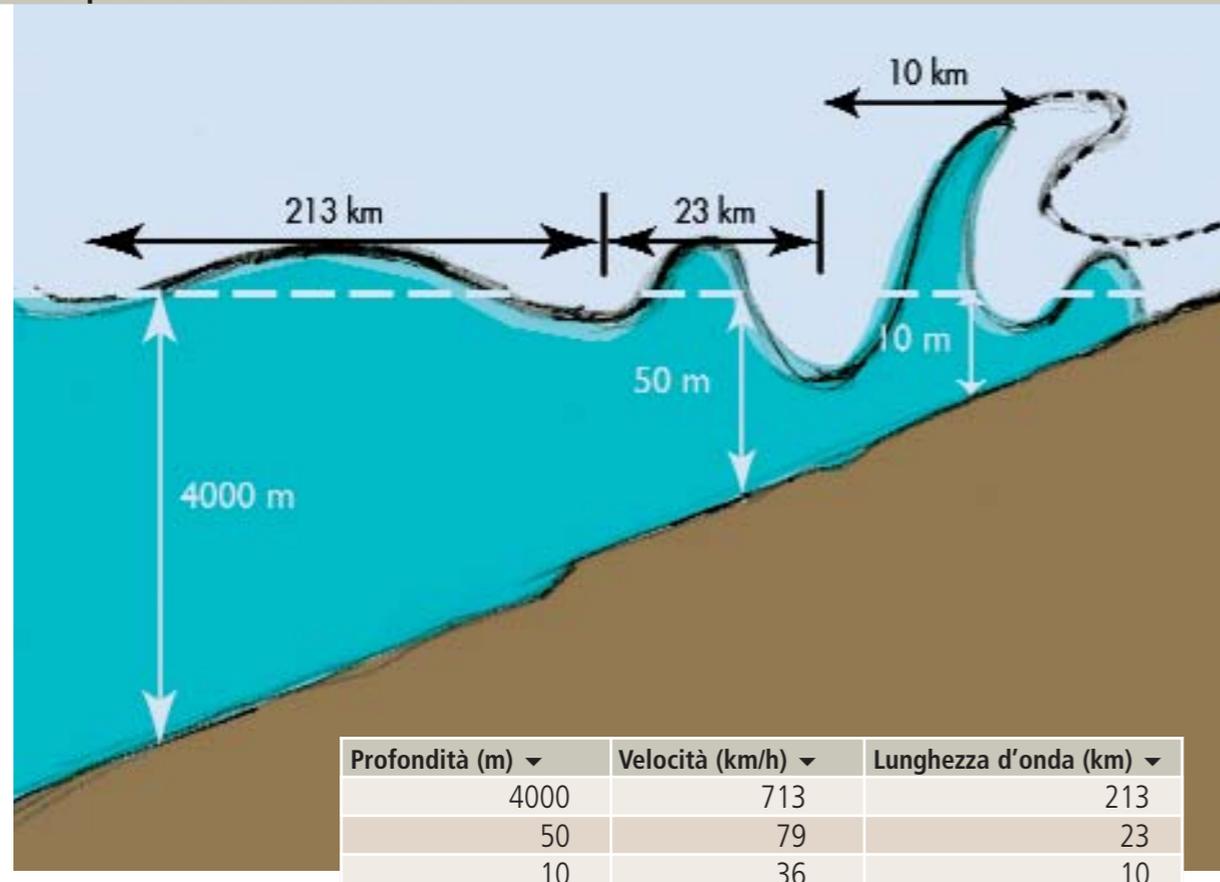


Come si comportano le onde di tsunami?

Un'onda di tsunami che in mare aperto è alta meno di un metro si trasforma, quando arriva sulla costa, in un muro d'acqua che può superare i 30 metri. Come è possibile? Per spiegarlo bisogna capire come quell'onda si propaga.

La velocità di propagazione di un'onda di tsunami dipende dalla profondità del fondale: maggiore è la profondità, maggiore è la velocità delle onde. In acque molto profonde (oltre i 4000 metri) le onde possono superare i 700 km/h! Arrivando vicino alle coste, l'onda trova fondali sempre meno profondi e quindi la sua velocità diminuisce drasticamente. Ciò è dovuto al fatto che il flusso di energia del maremoto, che dipende sia dalla velocità che dall'altezza dell'onda, rimane costante. Di conseguenza, quando la velocità dello tsunami diminuisce, la sua altezza cresce. Ecco perché le onde di tsunami non si notano al largo, ma sulle coste diventano devastanti raggiungendo vari metri di altezza.

Il comportamento di un'onda di tsunami



Dove sono avvenuti i maremoti in Italia?

Anche le nostre coste sono state colpite da maremoti. Il più antico, di cui si ha notizia grazie a Plinio il Giovane, è associato alla famosa eruzione del Vesuvio del 79 d.C.

Fino ad oggi ce ne sono stati 67, più o meno gravi. Il più disastroso è stato quello del 28 dicembre 1908: a seguito del terremoto nello Stretto di Messina, le coste della Sicilia orientale e della Calabria furono devastate da onde alte 13 metri. Il primo maremoto di questo secolo è accaduto a Stromboli, nelle Isole Eolie, il 30 dicembre 2002. Lo scivolamento in mare di una gran quantità di materiale vulcanico lungo il pendio detto "Sciara del Fuoco" ha messo in moto una frana sottomarina di notevoli proporzioni. A sua volta la frana ha originato onde con un **run-up** fino a 11 metri, che in pochissimi minuti hanno colpito le coste dell'isola causando ingenti danni.

Le coste colpite da maremoti



Effetti del terremoto nello Stretto di Messina del 1908.



sconquassi dall'**A** alla **Z**

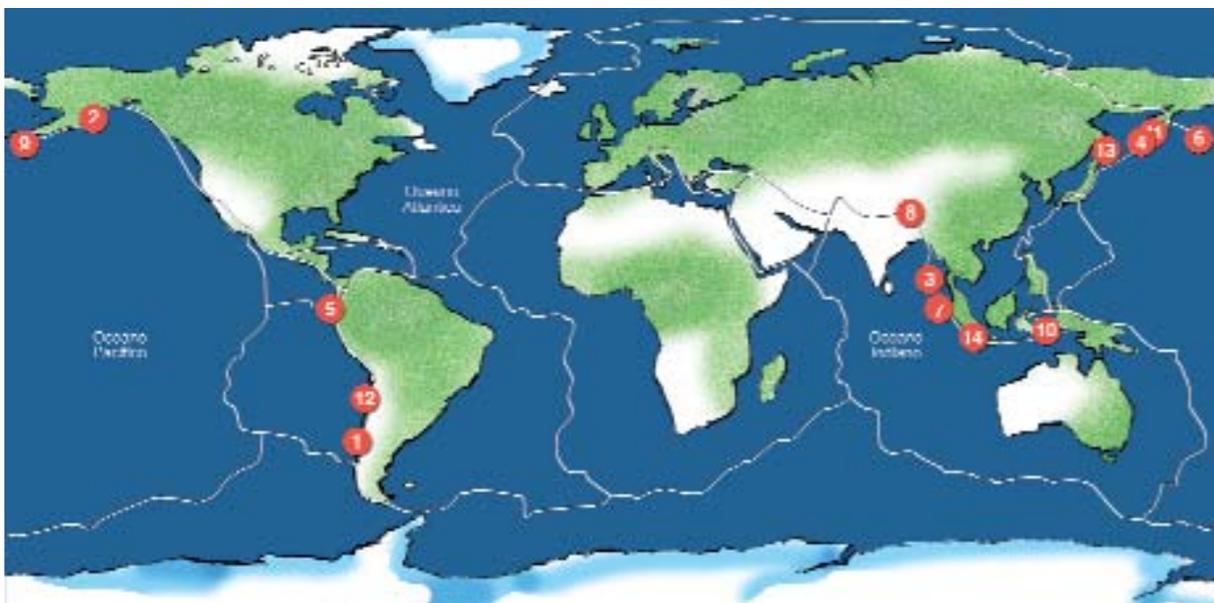
Run-up: Altezza massima raggiunta dall'acqua durante un maremoto, rispetto al livello del mare.



Dove sono avvenuti i grandi terremoti e maremoti nel mondo?

Terremoti e maremoti sono collegati fra di loro. Ad esempio, il fortissimo terremoto (magnitudo 8,7) del 1° Novembre 1755 che distrusse la città di Lisbona fu seguito da un violento maremoto con onde alte fino a 12 metri. Lo tsunami si abbatté sulle coste del Portogallo, della Spagna e del Nord Africa, provocando più di 30.000 vittime.

Guardando la mappa che riporta i 14 terremoti più forti al mondo dal 1900 ad oggi, possiamo vedere che, a parte quello del 1950 in Tibet, si tratta di sismi originati nelle **zone di subduzione** che hanno provocato anche un maremoto. La maggior parte di essi è avvenuta lungo la fascia circum-pacifica, detta "anello di fuoco", mentre gli altri sono avvenuti in Indonesia. In effetti il 30% circa degli tsunami del Pacifico si verifica nella regione del Giappone – Taiwan, ma non tutti sono distruttivi. Le coste del Giappone sono particolarmente colpite, per via del gran numero di terremoti sottomarini nella zona antistante le coste e dell'imponente massa d'acqua che si propaga nell'oceano senza alcun ostacolo che ne smorzi la potenza.



I più forti terremoti dal 1900 ad oggi ▲

Come la mappa mostra chiaramente, tutti i grandi terremoti sono avvenuti lungo i bordi delle placche che dividono la crosta terrestre.

sconquassi dall'**A** alla **Z**

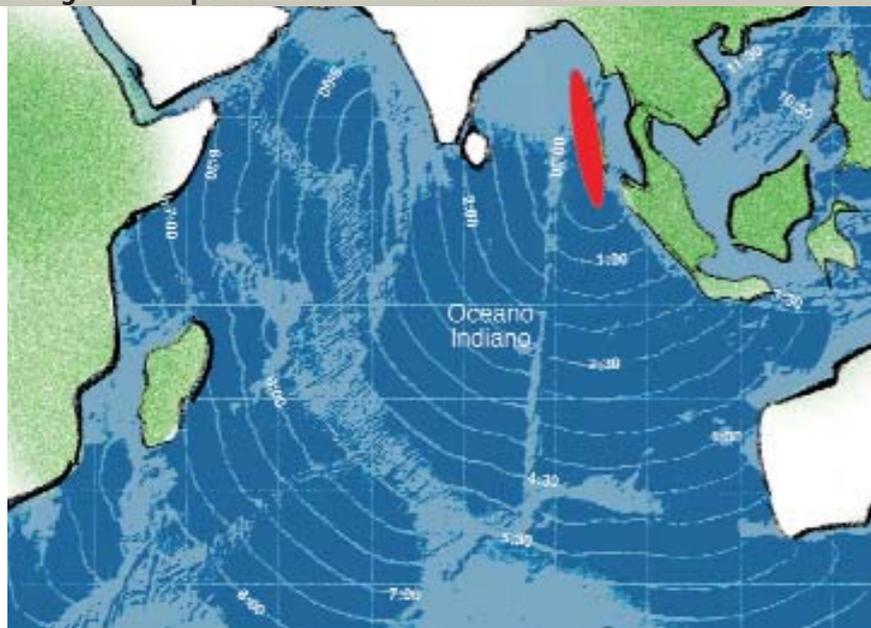
Zone di subduzione: le aree dove una delle placche che frammentano la crosta terrestre scivola sotto una placca confinante.

N°	Anno	Mese	Giorno	Area	Magnitudo	Maremoto
01	1960	05	22	Cile	9,5	sì
02	1964	03	28	Alaska	9,2	sì
03	2004	12	26	Costa Nord-occidentale di Sumatra, Indonesia	9,1	sì
04	1952	11	04	Kamchatka	9,0	sì
05	1906	01	31	Al largo della costa dell'Ecuador	8,8	sì
06	1965	02	04	Alaska	8,7	sì
07	2005	03	28	Sumatra settentrionale, Indonesia	8,6	sì
08	1950	08	15	Assam – Tibet	8,6	no
09	1957	03	09	Alaska	8,6	sì
10	1938	02	01	Mar di Banda, Indonesia	8,5	sì
11	1923	02	03	Kamchatka	8,5	sì
12	1922	11	11	Confine Cile – Argentina	8,5	sì
13	1963	10	13	Isole Curili	8,5	sì
14	2007	09	12	Sumatra meridionale, Indonesia	8,5	no

Vediamo i tre terremoti più forti della storia recente.

- Il 22 Maggio 1960 avvenne, in Cile, il più violento sisma del XX secolo, di magnitudo 9,5. L'evento fu seguito da un'onda di maremoto. Terremoto e maremoto uccisero circa 2400 persone e provocarono gravi danni. Sulla costa più vicina all'epicentro (Isla Chiloe) si abbattono onde alte fino a 25 metri, 10-15 minuti dopo il terremoto. Alle Hawaii (Hilo Bay) le onde di tsunami arrivarono 15 ore dopo, raggiungendo 11 metri d'altezza. Sulle coste del Giappone giunsero onde di 6 metri, dopo aver percorso circa 10.000 chilometri in 22 ore.
- Il 27 Marzo 1964, in Alaska, un terremoto di magnitudo 9,2 scosse un'area lunga circa 1600 chilometri e larga 300, causando movimenti verticali di circa 2 metri. Lo tsunami che ne seguì si abbatté su zone poco abitate, provocando comunque 160 vittime e grossi danni nelle isole Kodiak, a Vancouver, nelle Hawaii e negli stati di Washington e California, dove le onde raggiunsero altezze tra i 2 e i 6 metri.
- Il 26 Dicembre 2004 un terremoto di magnitudo 9,1, al largo delle coste di Sumatra, ha dato luogo al più grande tsunami degli ultimi 40 anni. Nessun altro maremoto del passato ha fatto tante vittime: oltre 280.000. Le onde hanno investito tutti gli stati che circondano il golfo del Bengala, causando anche danni in Somalia, Kenia, Tanzania, Madagascar, Mauritius, Mozambico, Sud Africa, Australia. Lo tsunami ha attraversato due oceani, Atlantico e Pacifico, ed è stato segnalato in Nuova Zelanda, Antartide e lungo le coste occidentali e orientali del Sud e del Nord America.

I luoghi e i tempi di arrivo dello tsunami di Sumatra



In rosso la zona di origine del terremoto che ha provocato lo tsunami di Sumatra nel 2004. I numeri sulle linee concentriche indicano dopo quante ore l'onda di tsunami ha raggiunto un dato luogo.

Abbattendosi sulla terraferma, uno tsunami può anche modificare la conformazione del terreno e perfino la linea costiera. In queste pagine, le coste di Banda Aceh, Indonesia, e della Baia di Khao Lak, Thailandia, prima e dopo l'onda di tsunami. Le zone senza vegetazione sono quelle raggiunte dal maremoto.



Prima ▲

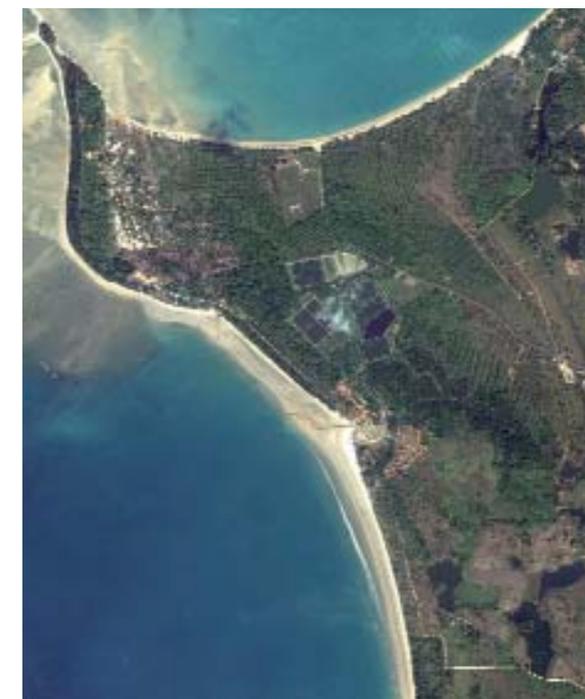


Dopo ▲

Poiché sappiamo che gli tsunami non sono causati solo da forti terremoti, ma anche da eruzioni vulcaniche o frane, vediamo altri esempi.

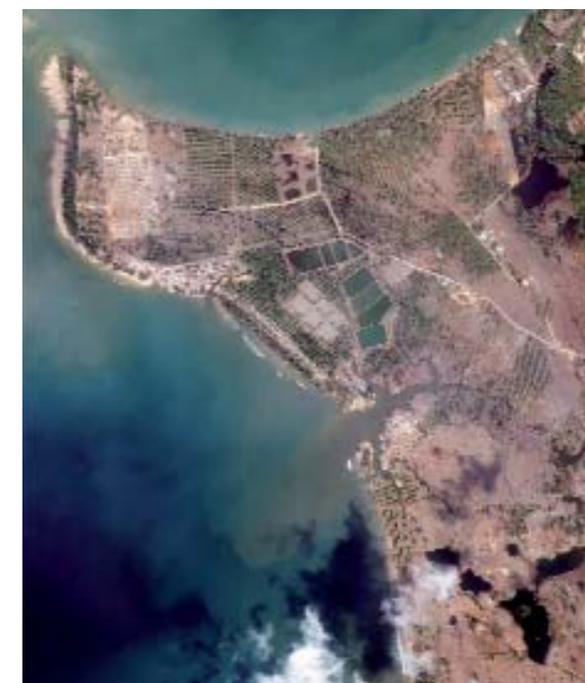
La grande eruzione del vulcano indonesiano Krakatoa del 1883, nello stretto della Sonda, tra le isole di Sumatra e Giava, diede origine ad almeno tre onde che fecero oltre 36.000 vittime. Le onde arrivarono fino a 37 metri di altezza e distrussero tutte le città e i villaggi lungo le coste dello stretto della Sonda. L'energia fu tale che blocchi di corallo pesanti fino a 300 tonnellate furono trasportati nell'entroterra.

Nel corso dei secoli il Mediterraneo ha visto oltre 300 tsunami, una ventina dei quali distruttivi. Le coste più colpite sono quelle della Grecia e dell'Italia, in particolare Sicilia e Calabria. L'evento più devastante è accaduto intorno al 1600 a.C., per l'esplosione del vulcano Santorini, con onde stimate tra i 50 e i 90 metri di altezza. Oggi i resti dell'isola di Santorini, con la baia interna al piccolo arcipelago di isole, danno bene l'idea di quanto era grande il vulcano prima di esplodere. Il maremoto che seguì si propagò con una velocità di oltre 300 km/h e in poco tempo raggiunse le coste della Turchia meridionale. Meno di tre ore dopo la Siria, l'Egitto e la Palestina furono devastati dalle onde. Alcuni pensano che questa catastrofe naturale abbia causato la scomparsa della civiltà minoica, sull'isola di Creta, e forse abbia fatto nascere il mito della perduta città di Atlantide.



Prima ▲

Dopo ▼





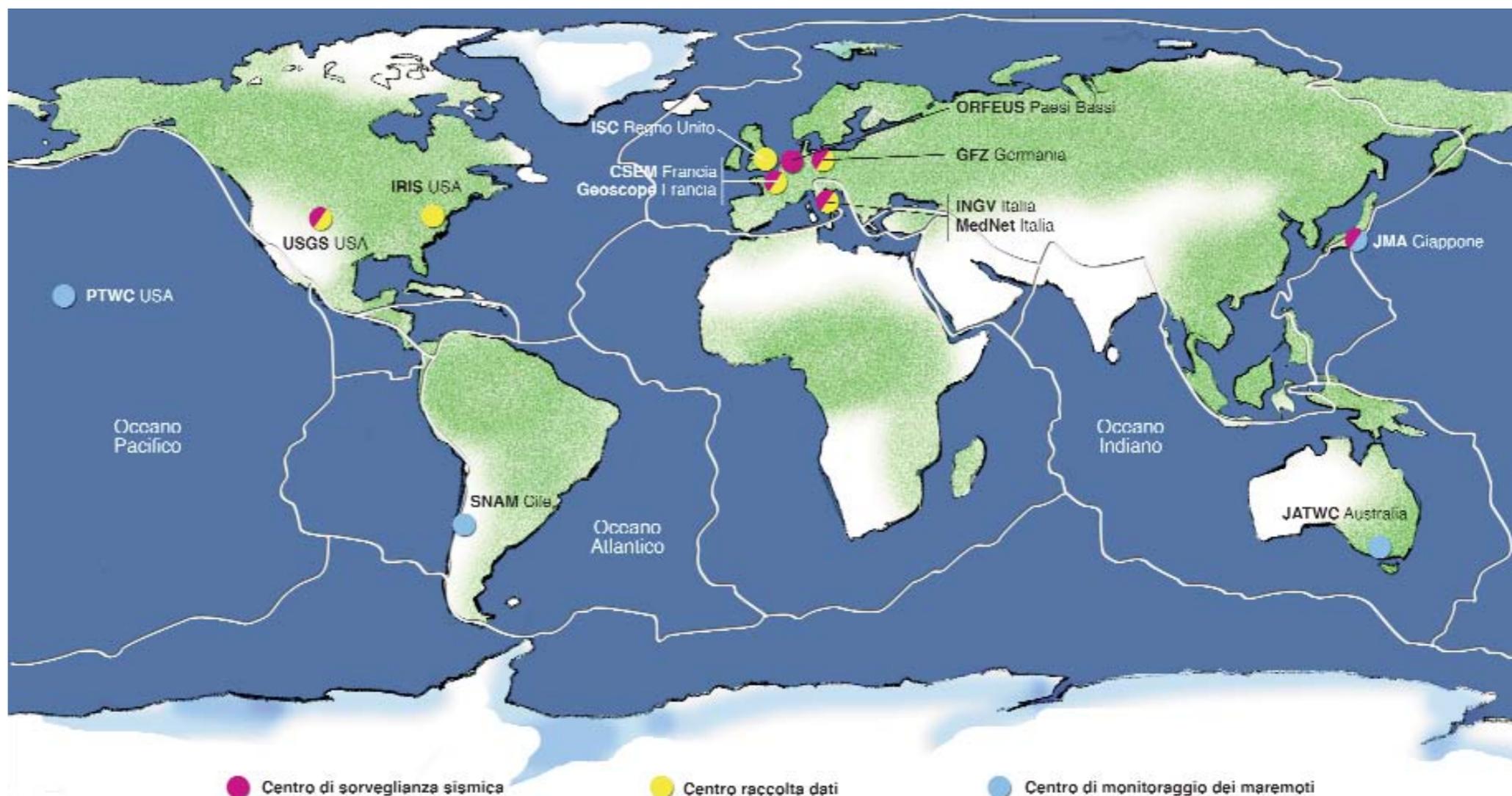
Come funziona la sorveglianza sismica mondiale? E i sistemi di allarme per i maremoti?

Per difendersi dalle catastrofi naturali è fondamentale che i Paesi collaborino fra di loro, non solo intervenendo con aiuti quando il disastro è già accaduto. La sorveglianza e la prevenzione, infatti, hanno un ruolo ancora più importante.

Abbiamo visto che è impossibile prevedere un terremoto: quindi se accade bisogna contare sulla tempestività e l'efficienza dei soccorsi. Ma per questo è necessario che le strutture di protezione civile abbiano informazioni rapide e precise sulla localizzazione del terremoto, la sua magnitudo e le zone interessate. Questi dati così utili si possono avere solo grazie a un'ampia distribuzione delle reti di sorveglianza sismica.

Esistono molte reti sismiche a livello locale, nazionale e internazionale che inviano i propri dati ai centri di raccolta dati nazionali e internazionali.

In questo planisfero sono evidenziati i più importanti nodi della rete mondiale per la sorveglianza sismica e il monitoraggio dei maremoti. I dati raccolti e trasmessi dalla rete non servono solo a scopo di studio e informazione, ma sono preziosi per intervenire tempestivamente in caso di terremoto o maremoto.



I principali centri di sorveglianza sismica e monitoraggio dei maremoti ▲ (Vedi tabella p. 34)

Il più importante centro dati europeo è il Centro Sismico Euro-mediterraneo (CSEM): qui vengono raccolti i dati di tutte le reti europee e del bacino mediterraneo, dando così un valido supporto ai vari centri nazionali di sorveglianza.

A livello mondiale, la Federazione delle Reti Sismiche Digitali a Larga Banda (FDSN) promuove lo scambio di dati e si occupa della distribuzione su tutto il globo di stazioni sismiche di elevata qualità.

Il centro informativo di maggior prestigio e affidabilità per quanto riguarda la sismicità mondiale è senz'altro il National Earthquake Information Center (NEIC).

	Centro ▼	Città ▼	Nazione ▼	Sito internet ▼
CSEM	Centro Sismologico Euro-Mediterraneo	Parigi	Francia	http://www.emsc-csem.org
INGV	Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia	Roma	Italia	http://www.cnt.ingv.it
Geoscope		Parigi	Francia	http://geosp6.ipgp.jussieu.fr
GFZ	GeoForschungsZentrum	Potsdam	Germania	http://www.gfz-potsdam.de
IRIS	Incorporated Research Institutions for Seismology	Washington DC	USA	http://www.iris.edu
ISC	International Seismological Centre	Londra	Regno Unito	http://www.isc.ac.uk
JATWC	Joint Australian Tsunami Warning Centre	Melbourne	Australia	http://www.bom.gov.au/tsunami
JMA	Japan Meteorological Agency	Tokyo	Giappone	http://www.jma.go.jp
MedNet	Mediterranean Network	Roma	Italia	http://mednet.rm.ingv.it
ORFEUS	Observatories and Research Facilities for European Seismology	De Bilt	Paesi Bassi	http://www.orfeus-eu.org
PTWC	Pacific Tsunami Warning Center – National Oceanic and Atmospheric Administration	Hawaii	USA	http://www.prh.noaa.gov/ptwc
SNAM	Sistema Nacional de Alarma de Maremotos del Servicio Hidrográfico y Oceanográfico de la Armada	Valparaíso	Cile	http://www.shoa.cl/servicios/tsunami/tsunami.php
USGS	U.S. Geological Survey	Denver	USA	http://earthquake.usgs.gov

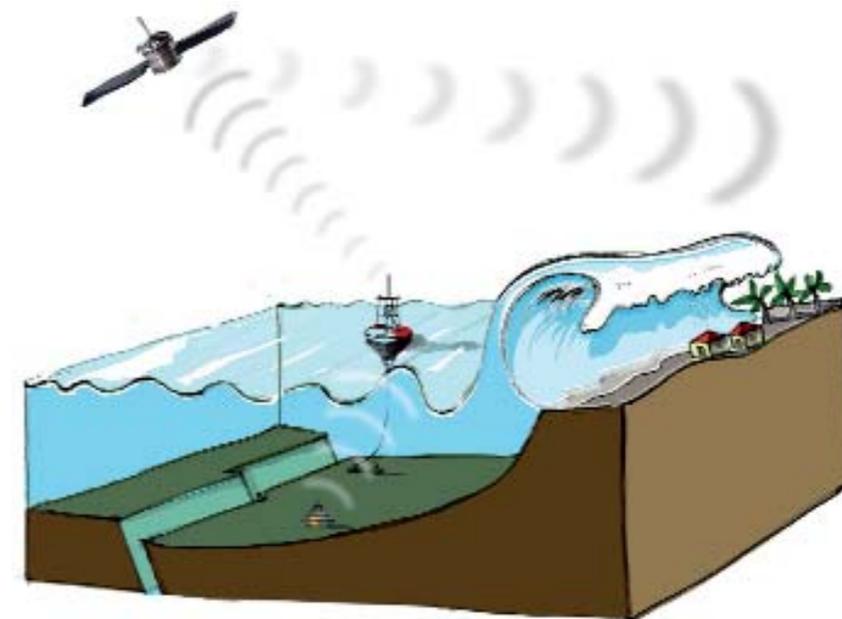
A differenza dei terremoti, il sistema di monitoraggio dei maremoti consente di allertare le zone potenzialmente interessate dall'arrivo di un'onda di tsunami. Il preavviso può variare, a seconda della distanza, da qualche decina di minuti ad alcune ore, utili per avvertire le autorità competenti dell'arrivo delle onde. Un sistema di monitoraggio e allarme tsunami è una faccenda molto complessa. Perché funzioni efficacemente occorrono varie condizioni:

- esistenza di una rete di stazioni sismiche, ondametriche e mareografiche sufficientemente estesa;
- trasmissione in tempo reale dei dati delle stazioni a uno o più centri in grado di eseguire velocemente calcoli di ipocentro e magnitudo e individuare le caratteristiche del terremoto. Si tratta di stabilire in brevissimo tempo se il terremoto è in grado di generare uno tsunami;
- analisi dei dati provenienti dalle stazioni ondametriche; se si riscontrano anomalie nel livello marino, vengono inviati bollettini di allerta alle nazioni più vicine alla zona di origine del fenomeno;
- esistenza di una rete di comunicazione che permetta alle autorità dei Paesi interessati di informare in tempo la popolazione;
- esistenza di un piano di emergenza efficace.

Attualmente nel mondo l'unico sistema di allarme tsunami è quello dell'oceano Pacifico. Il Pacific Tsunami Warning System (PTWS) nelle Hawaii è una rete che copre tutte le nazioni affacciate sul Pacifico gestita dal centro di controllo di Honolulu. Il PTWS, nato nel 1949, coinvolge 26 Stati con un sistema che comprende più di 30 stazioni sismiche e 70 stazioni per la misura del livello marino, dislocate in tutto l'oceano Pacifico.

Per terremoti di magnitudo superiore a 6,5, il centro di Honolulu trasmette entro pochi minuti un bollettino di allerta per il possibile verificarsi di un maremoto. Altri due sistemi di allarme tsunami, uno nei Caraibi e l'altro nel bacino del Mediterraneo, sono attualmente in fase di progettazione.

Per valutare se un terremoto sottomarino può scatenare uno tsunami si usano complesse apparecchiature e reti satellitari.



Terremoto: come comportarsi

in casa



- ▶ **In casa:** se la tua è una casa sicura, non provare a uscire durante la scossa di terremoto: aspetta che sia finita.

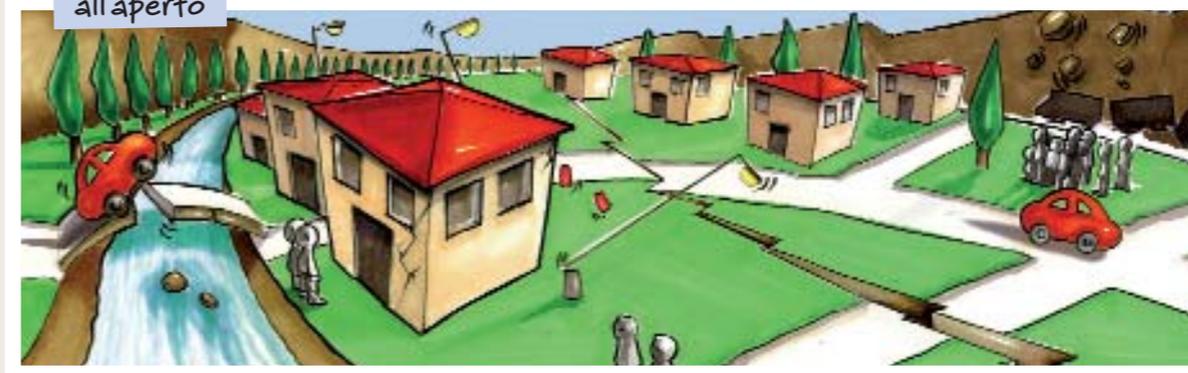
Riparati sotto il vano di una porta inserita in un muro portante (cioè un muro spesso e solido) o verso l'angolo di una stanza fra due muri maestri (per esempio muri che danno verso l'esterno). Stai lontano dai vetri delle finestre e non usare scale né ascensori.

a scuola



- ▶ **A scuola:** riparati sotto un tavolo, ti proteggerà dalla caduta di mobili, lampadari o calcinacci. Se hai già eseguito le prove di evacuazione, ricordati di come uscire dall'edificio senza panico.

all'aperto



- ▶ **All'aperto:** se sei all'aperto allontanati dagli edifici: possono cadere tegole, cornicioni o camini. Stai lontano dagli alberi, dai lampioni, dai fili della luce: potrebbero cadere. Cerca un posto all'aperto dove non c'è nulla che possa crollarti addosso.

Dopo il terremoto

- ▶ **In casa:** toglì la corrente, chiudi i rubinetti del gas e dell'acqua. Spegni la caldaia e non usare fornelli, stufe, candele, accendini: si potrebbero verificare fughe di gas. Evita di usare il telefono per non intasare le linee. Una radio portatile è sufficiente per ascoltare i notiziari.
- ▶ **All'aperto:** non sostare vicino a edifici pericolanti o impianti industriali. Non sostare sopra o sotto i ponti. Cerca di raggiungere spazi aperti evitando però le spiagge, per il pericolo di un eventuale maremoto.



Maremoto: come comportarsi

sulla costa



- **Sulla costa:** se avverti una scossa sismica non andare verso la costa, ma corri verso l'interno cercando di raggiungere un'altura, perché potrebbe arrivare un'onda di maremoto.

in spiaggia

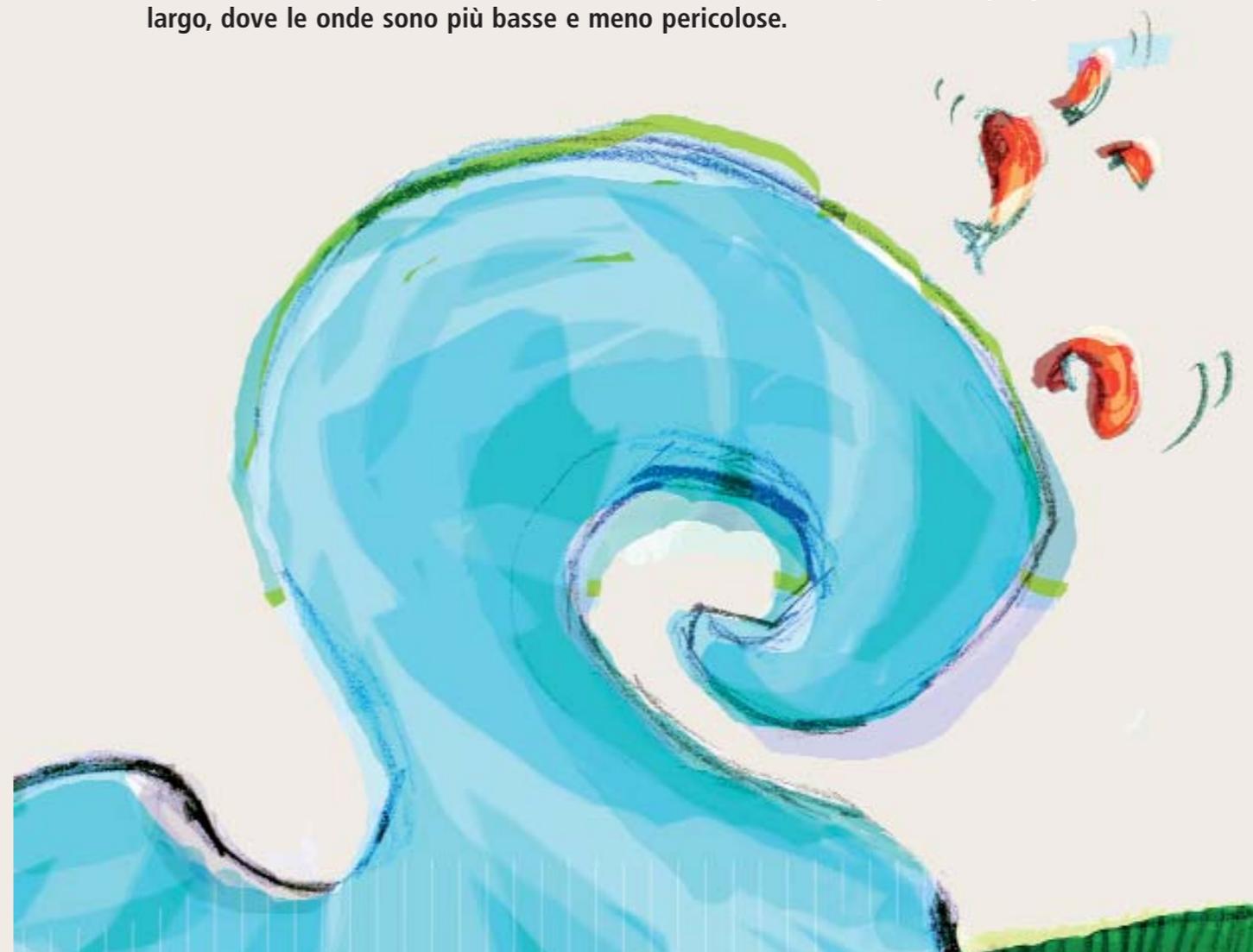


- **In spiaggia:** se osservi un rapido e insolito ritiro del mare, allontanati e portati in un luogo sicuro, ai piani alti di un edificio o su un'altura vicina. Non fermarti a raccogliere conchiglie!

in mare



- **In mare:** se avvisti onde inusuali non avvicinarti alla costa ma portati il più possibile al largo, dove le onde sono più basse e meno pericolose.



Bibliografia

AA.VV., *E adesso cosa faccio... Poster sui comportamenti in caso di terremoto e maremoto*, INGV, 2007.

AA.VV., *Un viaggio attraverso la Terra*, CD-Rom interattivo, INGV, 2006.

Angiolino Andrea, *Terremoti come e perché*, Giunti, Edurisk, INGV, 2003 (Itinerari per la riduzione del rischio sismico).

Barberi Franco, Santacroce Roberto, Carapezza Maria Luisa, *Terra pericolosa, terremoti, eruzioni vulcaniche, frane, alluvioni, tsunami. Perché avvengono e come possiamo difenderci*, Edizioni ETS, 2004.

Battaglia Antonella, *Tsunami, 26 dicembre 2004. Cronaca di una tragedia*, Parisi, 2005.

Boschi Enzo, Piumini Roberto, Valente Andrea, *Non sta mai ferma*, Gallucci, 2005.

Bramwell Martyn, *Vulcani e terremoti*, La Scuola, 1992.

Butti Luciano, *Tsunami: scusate se non sono uno scrittore ma un sopravvissuto*, Diple Edizioni, 2005.

Cecchini Sergio, *Sisa Tsunami. Diari dal cuore del maremoto*, Infinito, 2005.

Chiesa Pierre, *Terremoti e maremoti*, Piccoli, 1996.

Ciociola Pino, *La scuola assassina. 31 ottobre 2002: ecco cosa è successo veramente*, Paoline Editoriale Libri, 2003.

Conoscere il terremoto, Gruppo locale di indirizzo per le Attività Divulgative e Didattiche, INGV, 2002.

Corazzon Paolo, *I più grandi eventi meteorologici della storia*, Alpha Test, 2002.

Costa Nicoletta, Giraldo Maria Loretta, *Se arriva il terremoto*, Giunti, INGV, 2003 (Itinerari per la riduzione del rischio sismico).

Di Benedetto Marcella, *Il vulcano in mezzo al mare*, Strombo libri 2004.

Flores Giovanni, *Perché il terremoto?*, TEA, 1999.

Franzosi Claudio, *Vulcani e terremoti*, Fenice 2000, 1994.

Ganeri Anita, *Violenti vulcani*, Salani, 2000.

Gasparini Claudio, *Terra viva. Vulcani e terremoti nelle fotografie delle collezioni Alinari*, Alinari IDEA, 2004.

Gasparini Paolo, *La terra inquieta. Difendersi da terremoti ed eruzioni*, Di Mauro Franco, 2000.

Giacobini Paola (a cura di), *La terra trema. Catastrofi, terremoti, tsunami, dalle stampe della collezione Kozàk*, Nicolodi editore, 2005.

Kerrod Robin, *Vulcani e terremoti*, White Star, 2006.

Krafft Maurice, *I vulcani: fuoco della terra*, Universale Electa/Gallimard, 1992.

Luciani Roberto, *A lezione di terremoto*, Giunti, INGV, 2003 (Itinerari per la riduzione del rischio sismico).

Migliorini Paolo, *Calamità naturali*, Editori Riuniti, 1981.

Newson Lesley, *Atlante dei disastri naturali*, De Agostini, 1999.

Nostro Concetta, *Come si calcola l'epicentro di un terremoto?* Geopagina disponibile anche all'indirizzo: <http://www.ingv.it>, INGV, 2004.

Salvadori Mario, Levy Matthys, *Perché la terra trema*, Bompiani, 1998.

Sidoti Beniamino, *A prova di terremoto. Laboratori e attività per la scuola*, Giunti, INGV, 2004.

Tozzi Mario, *Catastrofi: dal terremoto di Lisbona allo tsunami del sudest asiatico: 250 anni di lotta tra l'uomo e la natura*, Rizzoli, 2005.

Van Rose Susanna, *Vulcani e terremoti*, De Agostini, 1993.

Venturi Bianca, *Terremoti, vulcani & co.*, Istituto geografico De Agostini, 1997.

DVD

Le furie della natura, Editoriale Giorgio Mondadori, 2005, DVD (60 min.).

L'onda killer Tsunami, USA, National geographic video, 2004, DVD (70 min.).

Link utili

- Protezione Civile per i bambini
<http://www.protezionecivile.it/sitobambini/home.html>
- Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia
<http://www.ingv.it>
Sezione didattica
<http://www.ingv.it/servizi-e-risorse/divulgazione-scientifica>
- U.S. Geological Survey
<http://www.earthquake.usgs.gov>
<http://www.earthquake.usgs.gov/learning>
- CSEM – Centro Sismico Euro-mediterraneo
<http://www.emsc-csem.org>
- MedNet – Mediterranean Network
<http://mednet.rm.ingv.it>
- NOAA – The National Oceanographic and Atmospheric Administration
<http://www.noaa.gov>
<http://www.education.noaa.gov>
- National Earthquake Information Center
<http://neic.usgs.gov>
- National Geophysics Data Center. Tsunami Event Database
<http://www.ngdc.noaa.gov/seg/hazard>
- Intergovernmental oceanographic commission russian foundation for basic research
Historical tsunami database for the Pacific, 47 b.C. to present
<http://tsun.scc.ru/htdbpac>

Indice

-  **04** *Conoscere il terremoto*
-  **06** Che cosa è un terremoto?
-  **09** Che cosa sono le onde sismiche?
-  **10** Come si misura la grandezza di un terremoto?
-  **13** Dove avvengono i terremoti in Italia?
-  **15** Quali sono i forti terremoti dal 1900 in poi?
-  **16** Chi si occupa di vigilare sui terremoti?
-  **17** Previsione o prevenzione?
-  **19** Cos'è il rischio sismico?
-  **20** *Conoscere il maremoto*
-  **22** Che cosa è uno "tsunami"?
-  **23** Che differenza c'è tra le onde di tsunami e le altre onde?
-  **24** Quali sono le cause di uno tsunami?
-  **26** Come si comportano le onde di tsunami?
-  **27** Dove sono avvenuti i maremoti in Italia?
-  **28** Dove sono avvenuti i grandi terremoti e maremoti nel mondo?
-  **32** Come funziona la sorveglianza sismica mondiale? E i sistemi di allarme per i maremoti?
- 36** *Terremoto: come comportarsi*
- 38** *Maremoto: come comportarsi*
- 40** *Bibliografia*
- 42** *Link utili*



