

## PRIMARY EFFECTS



### **January 3, 1911, Chon Kemin, Kirgystan earthquake (Ms 8.2).**

A fault rupture of more than ten meters was produced by one single seismic event (for scale, see the man in the center of the photo).

Una scarpata di faglia di oltre 10 metri generata da un singolo evento sismico (per confronto, si osservi l'uomo al centro della foto).

*Photo: E. Vittori*



### **December 4, 1957, Mogod, Gobi-Altay earthquake (Mw 8.1).**

Bogd Toromhon coseismic fault rupture: 6 m of left lateral and 5 m (cfr. Shmulik Marco + Kelvin Berryman + Thomas Rockwell) of vertical slip.

Fagliazione superficiale cosismica a Bogd Toromhon: lo spostamento cosismico è stato pari a circa 6 metri di movimento laterale sinistro, e a circa 5 m (cfr. Shmulik Marco + Kelvin Berryman + Thomas Rockwell) di dislocazione verticale.

*Photo: R. Amit*



**March 27, 1964 Alaska earthquake (Mw 9.2).**

Hanning Bay fault scarp on Montague Island. Vertical displacement in the foreground, in rock, is about 3.6 m. The maximum measured displacement of 4.2 m is at the beach ridge near the trees in the background.

Scarpata di faglia di Hanning Bay, Montague Island. In primo piano, la dislocazione verticale è pari a 3,6 m. La massima dislocazione, pari a 4,2 m, è stata misurata vicino agli alberi sullo sfondo.

Source: U.S. Geological Survey Photographic Library (<http://libraryphoto.cr.usgs.gov>) .  
Published on U.S. Geological Survey Professional paper 541



**December 7, 1988 Spitak, Armenia earthquake (Ms 6.9).**

Coseismic surface rupture produced by one single event. Here the rupture cuts across the ground without clear morphological evidence of past tectonic activity.

Rottura cosismica superficiale prodotta da un singolo terremoto. La rottura cosismica ha tagliato la superficie topografica in un punto in cui non si hanno evidenze morfologiche di attività tettonica precedente.

Photo: E. Vittori



**December 7, 1988 earthquake, Spitak, Armenia, Ms=6.9.**

Evidence of coseismic surface faulting: local displacements are more than one meter.

Fagliazione superficiale cosismica: qui l'entità della dislocazione cosismica è superiore al metro.

Source: Cisternas et al. (1989). *The Spitak (Armenia) earthquake of 7 December 1988: field observation, seismology and tectonics. Nature, 339, N 6227, p.675-679*



**September 27, 2003 Altai, Russia earthquake (Ms=7.4)**

Coseismic surface ruptures: local offsets of topographic surface are in the order of a few meters.

Rotture superficiali cosismiche: localmente l'entità delle dislocazioni della superficie topografica sono dell'ordine di pochi metri.

Photo: A. Ovsyuchenko



**October 28, 1983, Borah Peak, Nevada, USA, earthquake ( $M_s = 7.3$ )**

The height of fault scarp is locally in the order of one meter. A clear gentler sloping scarp indicates the penultimate event.

L'altezza della scarpata di faglia è pari a circa un metro. Una tratto della scarpata meno pendente indica il penultimo evento.

*Photo: E. Vittori*



**December 16, 1954 Dixie Valley, Nevada, USA, earthquake ( $M = 7.2$ )**

Trace of the fault escarpment associated to this event. The mountain front is the result of repeated earthquakes like the 1954 event over a geological time interval.

Traccia della scarpata di faglia associata a questo evento. Il fronte montuoso è il risultato di ripetuti terremoti simili a quello del 1954 in un intervallo di tempo geologico.

*Photo: E. Vittori*



**October 02, 1915 Pleasant Valley, Nevada, USA, earthquake (M = 7.8).**  
 Trace of the coseismic fault scarp and associated Mt. Tobin mountain front.  
 Traccia della scarpata di faglia e del fronte montuoso (Monte Tobin) ad essa associato.  
*Photo: B. Slemmons*



**January 13, 1915, Fucino, Central Italy, earthquake (M = 7.0).**  
 San Veneziano, Eastern border of the Fucino basin: Eye-witnesses have testified to L. Serva that coseismic displacement along the fault was about 80-90 cm.  
 San Veneziano, margine orientale del bacino del Fucino. Testimoni oculari hanno dichiarato a L. Serva che il rigetto cosismico lunga la faglia è stato pari ad 80-90 cm.  
*Source: Serva L., Blumetti A.M. & Michetti A.M. (1988) - Gli effetti sul terreno del terremoto del Fucino (13 gennaio 1915); tentativo di interpretazione dell'evoluzione tettonica recente di alcune strutture. Mem. Soc. Geol. It., 35, 893-907.*



**January 17 1995, Kobe, Japan, earthquake (M = 6.9).**

Hokudan, Awaji island: the surface rupture of the Nojima fault preserved inside a museum built on purpose.

Hokudan, isola di Awaji: la rottura superficiale della faglia di Nojima conservata all'interno di un museo appositamente costruito.

*Photo: L. Guerrieri*



**October 23, 2004 Chuetsu, Japan, earthquake (Mw = 6.6).**

A trench exposure across the Obirou thrust fault which caused the earthquake. The scarp is the cumulative effect of several earthquakes. The last event produced offsets of only a few cm.

La scarpata è l'effetto cumulato di diversi terremoti. L'ultimo evento ha prodotto rigetti dell'ordine di pochi cm.

*Photo: T. Azuma*



**1811-1812 New Madrid (USA) earthquakes (Mw between 7.2 and 8.3).**

Reelfoot Lake, Tennessee, USA. This lake was formed by coseismic uplift triggered by a blind thrust that caused the inundation of the forested area in foreground.

Reelfoot Lake, Tennessee, USA. Questo lago si è formato per il sollevamento cosismico innescato dalla riattivazione di un sovrascorrimento cieco che ha provocato l'inondazione dell'area forestata in primo piano.

*Photo: courtesy J & D Richardson Photography (<http://www.jdrichardson.com/>)*

## SECONDARY EFFECTS



### **February 5, 1783 Calabria earthquake (Mm=7.1).**

A seismically-induced landslide dammed the S. Cristina narrow valley and formed a temporary lake.

Una frana sismoindotta sbarrò la stretta valle di S. Cristina e formò un lago temporaneo.

*Source: Sarconi (1784) - Istoria de' fenomeni del Tremoto avvenuto nelle Calabrie, e nel Valdemone nell'anno 1783. Reale Accademia delle Scienze, e delle Belle Lettere di Napoli. Naples.*



### **October 23, 2004 Chuetsu, Japan, earthquake (Mw = 6.6).**

Seismically induced landslide in the hills of Yamakoshi area.

Una frana sismoindotta sulle colline di Yamakoshi.

*Photo: T. Azuma*





**January 25, 1999, Armenia, Colombia earthquake ( $M = 6.1$ ).**  
Seismically induced landslide at Cristales, Cajamarca.  
Una frana sismoindotta a Cristales, Cajamarca.  
*Photo: A.N. Gomez*



**November 23, 1980 Irpinia-Basilicata, Italy earthquake ( $M_s = 6.9$ ).**  
S. Giorgio La Molara: coseismic reactivation of a landslide.  
S. Giorgio La Molara: riattivazione cosismica di una frana.  
*Source: Ufficio Tecnico Comune San Giorgio La Molara*



**August 6, 2002 Bullas, Spain earthquake (VI MSK; 5.0 mb)**

A massive block of  $25 \text{ m}^3$  located 4 km from the epicentre rolled for several hundreds of meters. Another block of  $15 \text{ m}^3$  fell down in the same zone. Blocks were overturned during a second earthquake (VI MSK; 4.8 Mw), 2005 La Paca earthquake.

Un blocco di  $25 \text{ m}^3$  a circa 4 km dall'epicentro è rotolato per centinaia di metri. Un altro blocco di  $15 \text{ m}^3$  è caduto nella stessa zona. I blocchi sono stati rimobilizzati durante il terremoto del 2005 a La Paca (VI MSK; 4.8 Mw).

Source: Murphy Corella, P. (2005) Field Report for the January 29<sup>th</sup> 2005 earthquakes in Lorca, Spain.

<http://www.proteccioncivil-andalucia.org/Documentos/SismoLorca.htm>



**November 24, 2004, Salò, Italy earthquake (MI 5.2).**

Clibbio, along the Chiese River, large rockfalls with dolostone boulders up to ca.  $75 \text{ m}^3$  detached from the mountain slope of Mt. Acuto; two houses were hit by the boulders.

Clibbio, lungo il fiume Chiese, imponenti frane di crollo con blocchi di dolomia di dimensioni anche fino a  $75 \text{ m}^3$  si sono staccati dal versante montuoso di Monte Acuto. Due case sono state colpite dai blocchi.

Photo: S. Porfido



**April 12, 1998 Bovec, Slovenia earthquake (Md = 5.6)**

Two rock falls reactivated along the Mt. Cucla mountain slope.

Due frane di crollo si sono riattivate lungo il versante montuoso di Monte Cucla.

*Photo: P. Di Manna, E. Vittori*



**July 12, 2004 Kobarid, Slovenia earthquake (Md = 5.1)**

Two small landslides along the Kobarid – Bovec road.

Due piccole frane lungo la strada Kobarid – Bovec.

*Photo: P. Di Manna, E. Vittori*



**September 06, 2002 Palermo, Italy earthquake (ML=5.6).**

Cerda: trace of the main scarp of a 500 m x 1500 m landslide. An ESI scale value of VII degree might be attributed to such a landslide. However, the nearby village of Cerda and the country houses around the slide did suffer a MCS intensity V. No other similar or even smaller slides were observed in the area.

This is a case where a specific analysis is required to verify if the isolated, though large, landslide, better portrays the local intensity or it should be disregarded.

Cerda: traccia della scarpata principale di una frana di dimensioni pari a circa 500 m x 1500 m. Si potrebbe attribuire a questo effetto un grado di intensità ESI pari a VII. Tuttavia, al vicino paese di Cerda e alle case adiacenti alla frana è stata attribuita un intensità MCS pari a V. Non sono state osservati altri movimenti di versante nell'area.

Questo è un caso in cui è necessaria un'analisi specifica con l'obiettivo di verificare se un fenomeno franoso isolato, anche se molto esteso, sia rappresentativo dell'intensità locale o se invece debba essere ignorato.

*Photo: E. Vittori*



**March 27, 1964 Alaska earthquake (Mw = 9.2).**

Collapse pits at Kasilof formed after eruptions of ground water and sand. The pit in the foreground is about one meter in diameter.

Kasilof, cavità di collasso formate dalle eruzioni di acqua sotterranea e sabbia. La cavità in primo piano ha un diametro pari a circa un metro.

*Photo by H.L. Foster, 1964. U.S. Geological Survey Professional paper 543-F.*



**May 27, 1995 Neftegorsk earthquake (Ms=7.4)**

A ground collapse occurred after the earthquake.

Un collasso occorso a seguito del terremoto.

Source: *Ivashchenko et al. (1995). Neftegorskoye zemletryaseniye 27(28) maya 1995 g. na Sakhaline. (The Neftegorsk 27(28) May, 1995, earthquake in Sakhalin – in Russian). // In: Federal'naya sistema seismologicheskikh nablyudeniy i prognoza zemletryasenyi. Neftegorskoye zemletryaseniye 27 (28).05.1995. Moskva, 48-67.*

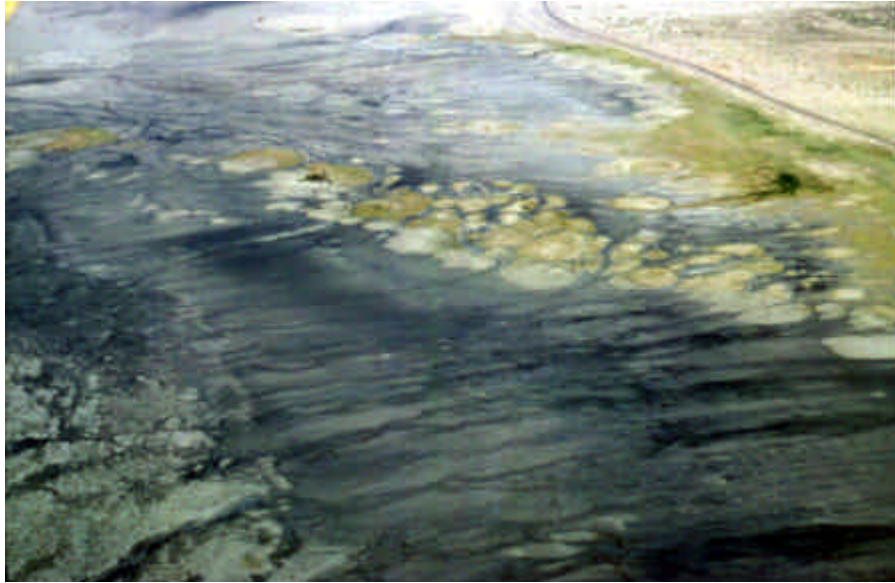


**August 14, 2003, Lefkada, Ionian Sea, Greece, earthquake (Mw 6.2).**

Ground crater opened in the sandy beach of Agios Nikitos.

Un cratere formatosi nella spiaggia sabbiosa di Agios Nikitos.

Source: *Earth Planets Space, 55, 713-718, 2003 (G.A. Papadopoulos, V. Karastathis, A. Ganas, S. Pavlides, A. Fokaefs & K. Orfanogiannaki).*



**March 3, 1872 Owens Valley, California, USA earthquake (Ms 7.6).**

Owens Lake: aligned sand blows in the playa of the lake, dried in 1926.

Owens Lake: vulcanelli di sabbia allineati sul fondo del lago, prosciugato nel 1926.

*Photo: E. Vittori*



**November 22, 1995 Nuweiba, Sinai, earthquake, (Mw = 7.2).**

Gulf of Elat – Aqaba: An about one meter sand blow displaying coarse sand on its surface, suggesting that coarser material might have been ejected during a late liquefaction phase.

Golgo di Elat – Aqaba: Un vulcanello di sabbia di circa un metro con sabbia grossolana in superficie. Il materiale grossolano dovrebbe essere fuoriuscito in una fase tardiva del fenomeno di liquefazione.

*Source: The November 22, 1995 Nuweiba earthquake, Gulf of Elat – Aqaba: Post-seismic analysis of failure features and seismic hazard implications. Edited by Hillel Wust, Report GSI/3/97, Elat*



**October 23, 2004 Chuetsu, Japan, earthquake (Mw = 6.6).**

Kawabukuro: a sand bowl a few meters wide.

Kawabukuro: un vulcanello di sabbia ampio diversi metri.

*Photo: T. Azuma*



**November 24, 2004, Salò, Italy, earthquake (MI 5.2)**

Salò: in the harbor have been observed evidences of liquefaction and localized (over an area of ca. 500 m<sup>2</sup>) lateral spreading, with fissuring up to 30 cm wide parallel to the waterfront area

Salò: nel porto sono state osservate evidenze di liquefazione ed espandimenti laterali localizzati (in un area di circa 500 m<sup>2</sup>) con fessure ampie fino a 30 cm parallele al fronte del porto.

*Photo: E. Esposito*



**October 18, 1992, Murindo, Colombia earthquake (Mw 7.1)**

Murindo River basin, Colombia: The vegetation cover was heavily damaged and trees collapsed even in flat areas.

Bacino del fiume Murindo, Colombia: La copertura vegetale è stata profondamente devastata e gli alberi sono caduti anche in aree pianeggianti.

*Photo: E. Parra*



**October 18, 1992, Murindo, Colombia earthquake (Mw 7.1)**

Damaquiel Island (50m x 150m) emerged in the Gulf of Uraba Colombia.

L'isola di Damaquiel (50 m x 150 m) è emersa nel Golfo di Uraba, Colombia.

*Photo: E. Parra*





**October 18, 1992, Murindo, Colombia earthquake (Mw 7.1)**

San Pedro de Uraba: the Cacahual mudvolcano erupted some minutes after the event emitting gas that burnt for days.

San Pedro de Uraba: il mud volcano di Cacahual ha iniziato ad eruttare alcuni minuti dopo l'evento con emissioni gassose che alimentarono incendi per diversi giorni.

*Photo: E. Parra*



**March 27, 1964 Alaska earthquake (Mw = 9.2).**

Shoup Bay: a boulder estimated to weigh almost 800 kg was thrown up 27 m above the shoreline.

Shoup Bay: un enorme blocco il cui peso è stato stimato pari a quasi 800 kg è stato scagliato fino a 27 metri sopra la linea di costa

*Photo by G. Plafker, 1964. Figure 4, U.S. Geological Survey Professional paper 542-G.*