

Fenomeni associati al
terremoto della Calabria
dell'8 settembre 1905

Quaderni di Geofisica

60



Quaderni di Geofisica

Direttore

Enzo Boschi

Editorial Board

Raffaele Azzaro (CT)

Sara Barsotti (PI)

Mario Castellano (NA)

Viviana Castelli (BO)

Anna Grazia Chiodetti (AC)

Rosa Anna Corsaro (CT)

Luigi Cucci (RM1)

Mauro Di Vito (NA)

Marcello Liotta (PA)

Lucia Margheriti (CNT)

Simona Masina (BO)

Nicola Pagliuca (RM1)

Salvatore Stramondo (CNT)

Andrea Tertulliani - coordinatore (RM1)

Aldo Winkler (RM2)

Gaetano Zonno (MI)

Segreteria di Redazione

Francesca Di Stefano - coordinatore

Tel. +39 06 51860068

Fax +39 06 36915617

Rossella Celi

Tel. +39 06 51860055

Fax +39 06 36915617

redazionecen@ingv.it

Fenomeni associati al terremoto della Calabria dell'8 settembre 1905

Andrea Tertulliani e Luigi Cucci

INGV (Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia)

in copertina La frana di Aiello in una foto d'epoca (particolare), Kostner (2002).

Fenomeni associati al terremoto della Calabria dell'8 settembre 1905

Il terremoto dell'8 settembre 1905 in Calabria è considerato uno degli eventi più forti della storia sismica italiana, ma paradossalmente, pur essendo abbastanza recente, anche uno dei terremoti la cui conoscenza è più lacunosa. Localizzazione, magnitudo e geometria della sorgente sono ancora sostanzialmente parametri poco vincolati. Il terremoto produsse una grande quantità di effetti ambientali, sui terreni e sulle acque, ed effetti “anomali” percepiti dalla gente, come rombi e fenomeni luminosi. Scopo del presente lavoro è di presentare in un unico repertorio la raccolta di tali osservazioni per fornire un quadro degli effetti associati all'evento. La raccolta è avvenuta selezionando le testimonianze contenute nelle fonti, preferibilmente coeve, che trattano del terremoto del 1905, catalogandole per tipologia e descrivendole. Il database finale è relativo ad osservazioni di effetti associati al terremoto in 122 località. Gli effetti geologici e quelli idrologici sono stati usati per calcolare empiricamente dei valori di magnitudo. Per ognuno dei fenomeni osservati abbiamo anche riassunto lo stato delle conoscenze nella letteratura scientifica, antica e contemporanea.

The September 8, 1905 Calabria (Southern Italy) earthquake belongs to a peculiar family of highly destructive seismic events, mostly occurred at the dawning of the instrumental seismology, for which location, geometry and size of the source are still substantially unconstrained. For instance, during the century-long period elapsed since the earthquake, previous Authors calculated magnitudes between $M \leq 6.2$ and $M = 7.9$. In this paper we collected a remarkable dataset of environmental effects produced by the earthquake (more than 220 deeply reviewed observations at 122 different localities) retrieved in the coeval sources. Our data include ground effects (landslides, rock falls and lateral spreads), hydrological changes (streamflow variations, liquefaction, rise of water temperature and turbidity), earthquake lights, earthquake sounds. Finally, we define the magnitude of the event using some empirical relation between seismic parameters and distribution of ground effects and hydrological changes.

Introduzione

Nelle prime ore della mattina dell'8 settembre 1905 un forte terremoto colpì una vasta area della Calabria centrale, causando distruzioni nei paesi del versante tirrenico, tra Cosenza e Nicotera. L'impatto sul territorio e sulla società fu catastrofico; il sisma colpì una terra già povera, con edilizia scadente e infrastrutture praticamente inesistenti (per gli aspetti socio-economici e della ricostruzione è utile leggere Castenetto e Sebastiano [a cura di, 2007]). Il terremoto causò la morte di 557 persone (Baratta, 1906), concentrate principalmente nei paesi del promontorio di Capo Vaticano dove l'intensità

macrosismica raggiunse i valori più elevati [$I_0 = XI$ per Boschi et al., 1995; $I_0 = XI$ per Gruppo di lavoro CPTI04, 2004; $I_0 = X$ per Cucci e Tertulliani, 2006].

Dal punto di vista sismologico questo evento, uno dei più forti della storia italiana, resta incerto, sia per quanto riguarda la magnitudo che la sorgente sismogenetica. La magnitudo, nelle tante ipotesi fatte degli Autori, è stata valutata da 6.2 fino a 7.9 [Duda, 1965; Riuscetti and Schick, 1974; Martini and Scarpa, 1983; Abe and Noguchi, 1983; Westaway, 1992; Margottini et al., 1993; Galli, 2000]. Anche la localizzazione dell'evento soggiace ad un significativo livello di incertezza. Nel tempo, infatti, molti hanno proposto diverse aree di origine, sia

in terra che al largo di Capo Vaticano [vedi ad es. Baratta, 1906; Mercalli, 1906; Rizzo 1907; Ruscetti and Schick, 1974; Martini and Scarpa, 1983; Postpischl, 1985; Boschi et al., 1995; Michelini et al., 2006; Cucci e Tertulliani, 2006].

Il terremoto produsse moltissimi effetti ambientali su tutto il territorio calabrese e sporadicamente anche in Sicilia: variazioni del flusso e della temperatura delle acque di fiumi e sorgenti, fratture e frane, fenomeni di liquefazione; vi fu testimonianza anche di numerosi effetti luminosi ed effetti acustici. Questi fenomeni, che soprattutto negli anni passati sono stati spesso ritenuti tra l'aneddotico e il folklore pre-scientifico [Muir-Wood and King, 1993; Soter, 1999], possono essere considerati a pieno titolo tratti peculiari del terremoto. L'insieme degli effetti osservati, relativi a 122 diverse località (Tab. 1), denota in ogni caso un evento di grande energia.

Nel quadro di grande incertezza sulla natura di questo terremoto abbiamo creduto fosse un'operazione interessante raccogliere tali osservazioni, sparse nelle fonti, sia scientifiche che memorialistiche [tra gli altri Malagodi, 1905; Jaricci, 1905; Baratta 1906; Cotroneo, 1906; Lais, 1906; Mercalli, 1906; Rizzo, 1907] che riguardano questo evento, e renderle disponibili in un unico repertorio. Nel seguito descriviamo quindi la tipologia di questi fenomeni, la loro varietà e distribuzione territoriale, riportando testimonianze tratte dalle fonti originali. Seguirà un breve excursus sulla storia e sulla letteratura scientifica dedicato agli effetti associati ai terremoti e al loro utilizzo in sismologia.

1. Effetti ambientali osservati in seguito al terremoto

1.1 Effetti sismogeologici

Gli Autori del tempo descrissero l'occorrenza di diffusi effetti sul terreno dovuti al sisma osservati in tutto il territorio calabrese [Baratta 1906; Lais, 1906; Mercalli, 1906; Rizzo, 1907]. Opere successive hanno approfondito e ulteriormente completato il quadro dei dissesti provocati dal terremoto [Almagià, 1910;



Figura 1 Zona oggetto del presente lavoro.

Figure 1 Area affected by the September 8, 1905 earthquake.

Montanari, 1940; Chiodo et al, 1999; Fantucci and Sorriso-Valvo, 1999]. La rilettura delle fonti appena citate ci ha permesso di inventariare segnalazioni di effetti geologici per 43 località calabresi (Fig. 2), di cui circa la metà site nell'area del promontorio di Capo Vaticano e nel circondario di Monteleone (l'attuale Vibo Valentia).

A questo genere di effetti appartengono le fratture nel terreno e le frane sismo-indotte, distinte in frane di crollo, scorrimenti e espansioni secondo la classificazione di Keefer [1984] (Tab. 1). In nessun caso gli effetti riconosciuti sono stati considerati come primari e cioè direttamente in relazione a fenomeni di fagliazione superficiale [Mercalli, 1906; Galli and Bosi, 2002; Cucci e Tertulliani, 2006]. L'area interessata da fenomeni franosi e da fratture nei suoli fu di oltre 6000 kmq; la distanza massima tra due località dove si osservarono fenomeni è di 181 km (Fig. 2) come "...in vicinanza della punta dell'Alice si produsse una spaccatura del suolo larga pochi centimetri e lunga circa un Km" [Rizzo, 1907].

Alcuni di questi dissesti furono di grandi proporzioni, giungendo a provocare distruzioni e vittime come nei casi di Ajello Calabro (foto di copertina),

Martirano o Fiteli. Dalle descrizione dell'epoca si può evincere la portata drammatica di tali episodi.
"Il disastro di Ajello è stato maggiore per la caduta di grandi massi dalla montagna, che sovrasta il paese e il cui crollo ha distrutto molte case, fra cui il Palazzo Belmonte.", Aiello Calabro [Rizzo, 1907].

descrivere però la tipologia e dimensione. La maggior parte di questi effetti geologici (Tab. 1) sono ascrivibili alla categoria degli scorrimenti, e cioè movimenti franosi caratterizzati dallo scivolamento di una massa di materiale su una superficie di taglio posta in profondità. In altri casi abbiamo catalogato

frane di crollo, o colate, tipiche di materiali poco coerenti. In qualche caso la descrizione riguarda la riattivazione di frane già note. Molte furono le osservazioni di spaccature nei terreni: *"...si osservarono anche delle fenditure nel terreno specialmente in vicinanza dei corsi d'acqua."* [Rizzo 1907].

1.2 Variazioni del regime delle acque

Il terremoto del 1905 provocò molti effetti sulle falde acquifere e sulle acque superficiali. Le osservazioni di tali effetti sono quasi tutte qualitative, non essendo disponibili misure fatte all'epoca. Sono state individuate 49 località, sparse per tutta la Calabria, dove furono osservate variazioni nel regime delle acque e cambiamenti chimico-fisici a seguito del terremoto. Per dare un'idea dell'estensione

di questi effetti osserviamo che la distanza massima tra due punti dove si osservarono fenomeni idrologici è di 233 km (fig. 3). Le descrizioni illustrano variazione di portata di pozzi, sorgenti, corsi d'acqua, spesso accompagnate da variazione chimico-fisiche (temperatura, caratteristiche organolettiche, torbidità) e fenomeni di liquefazione (Tab. 1) [Mercalli, 1906; Rizzo, 1907; Galli, 2000].

Questi ultimi vengono assimilati agli altri effetti idrologici in quanto la compattazione dei depositi superficiali saturi specialmente nei fondovalle è una delle cause del rapido incremento di flusso nei corsi d'acqua, permettendo l'espulsione di grandi quantità di

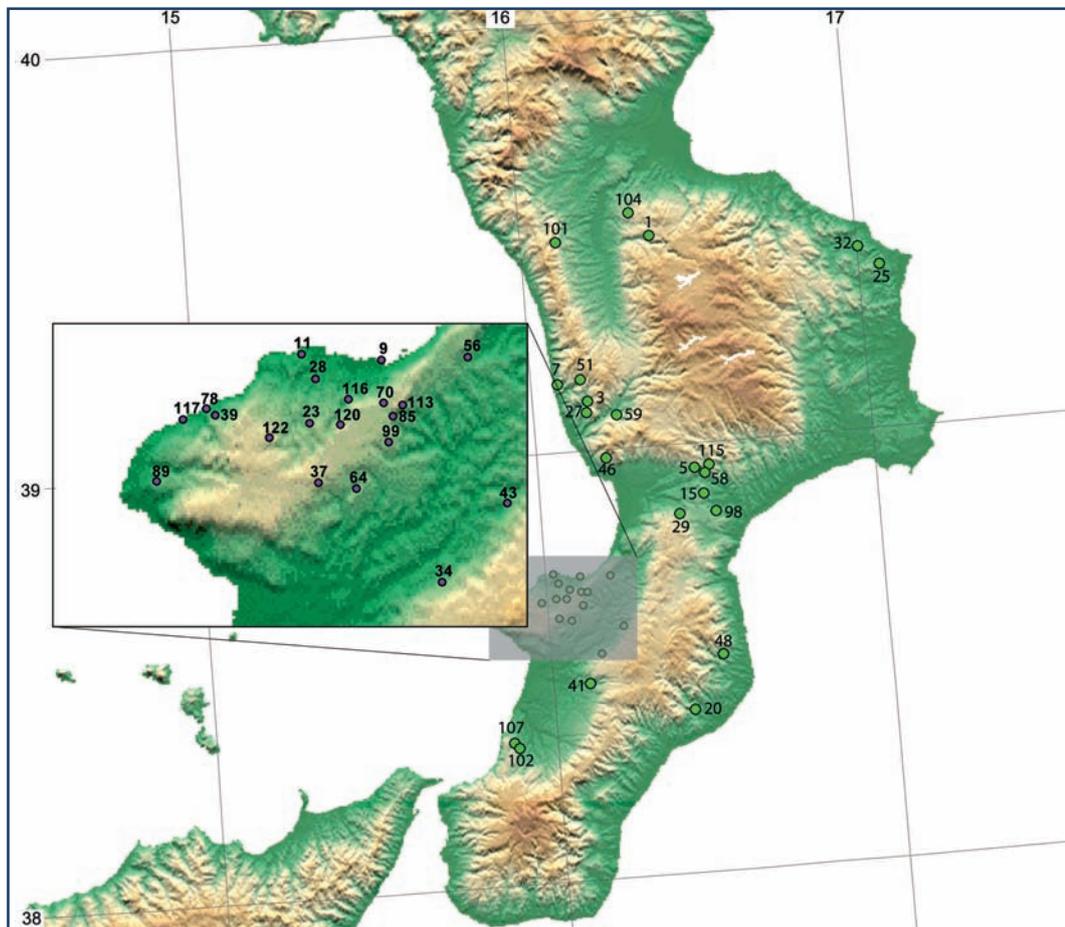


Figura 2 Distribuzione dei siti dove furono osservati effetti sul terreno. L'ingrandimento riguarda l'area di Capo Vaticano. I numeri corrispondono alle località elencate in Tabella 1.

Figure 2 Geographical distribution of ground effects occurred during the September 8, 1905 earthquake. Inset: the Capo Vaticano promontory area. Numbers correspond to the localities listed in Table 1.

"Ed ora arriviamo al punto culminante del disastro....Non si tratta di una frana di terriccio argilloso, com'è stato detto; è stato un immane granito che si è distaccato dalla roccia su cui posa l'antico castello; un granito immane che ora si tenta di sgretolare con la dinamite...". Aiello Calabro, [Malagodi, 1905].

"Una frana fece precipitare in basso un colle soprastante da questo lato, con tutte le abitazioni, sicchè il passare era pericoloso tanto da sopra, quanto pel precipizio ch'era di sotto". Martirano. [Cotroneo, 1906].

In alcuni casi le fonti restano generiche, indicando il luogo o la zona dove l'evento si è manifestato senza

acqua [Montgomery and Manga, 2003]. La maggior parte delle variazioni di portata osservate riguarda un aumento dei flussi in sorgenti e corsi d'acqua, mentre con meno frequenza fu osservato l'effetto opposto, con diminuzione o scomparsa di acqua da pozzi o risorgive. In qualche caso l'informazione reperita nelle fonti è generica, segnalando soltanto un'anomalia nel flusso. "si osservarono ... delle variazioni nel regime delle sorgenti" (Cessaniti) [Rizzo, 1907].

In sei località (Tab.1) fu osservata e talvolta misurata una variazione della temperatura dell'acqua, come riporta il Rizzo [1907] nel suo "Contributo allo studio del terremoto della Calabria", a Galatro, "Ora la portata di queste sorgenti, dopo il terremoto, si trovò considerevolmente aumentata e crebbe anche la temperatura da 34 a 37 gradi.", a Maierato "...l'acqua delle fontane ha preso un colore lattiginoso ed è diventata calda", a Cetraro "Nelle terme Luigiane l'acqua calda divenne improvvisamente fredda, aumentando considerevolmente di volume, e quella fredda diventò fangosa".

In diversi luoghi furono osservati fenomeni di liquefazione (Tab. 1), "...delle spaccature del terreno, da cui uscì acqua torbida in grande abbondanza" Feroletto Antico, Rizzo [1907].

"Nel territorio di Rosarno, sulle rive del Mesima, del Metramo e del Metramello si fermarono qua e là delle numerose ed ampie fenditure nel terreno alluvionale e sgorgarono molte polle d'acqua, le quali fecero ingrossare improvvisamente quei fiumi, e inoltre portarono con sé tanti detriti e tanta sabbia, da colmare molti canali, come si vide, per esempio, nel canale detto Marinella. Diminuendo poscia la violenza di questi getti d'acqua e seguitando tuttavia a portare della sabbia finissima, questa si dispose intorno ad ogni getto, in modo da formare altrettanti coni rovesciati dall'asse dei quali continuò ancora per qualche tempo a scaturire dell'acqua. Questi coni di sabbia sono in tutto simili a quelli che si formarono già nei medesimi luoghi in seguito al terremoto del 1783 e che furono ripetutamente descritti nel trattati di Geologia." Rizzo [1907]. Come si legge da queste note gli stessi fenomeni erano stati osservati per terremoti nel passato in alcune delle località dove avvennero nel 1905.

1.3 Fenomeni luminosi

Moltissimi testimoni riportarono di aver osservato

prima, durante e dopo la scossa fenomeni luminosi. Tali resoconti provengono da 44 località sparse in tutta la Calabria e una in Sicilia, le più estreme delle quali distano tra loro 182 km (Fig. 4 e Tab. 1). I testimoni riportarono di aver visto nel cielo lampi, globi luminosi, nubi luminescenti, meteore o semplicemente zone con una luminosità accentuata, spesso rossastra. Riportiamo qui di seguito alcuni esempi: Dal Giornale di Sicilia del 13/14 settembre 1905: "Tutti, al momento del terremoto, hanno visto una luce rossa, acciaccante, nel cielo. Ho raccolte troppe testimonianze nei luoghi lontani per dubitare della realtà di questo straordinario fenomeno visivo".

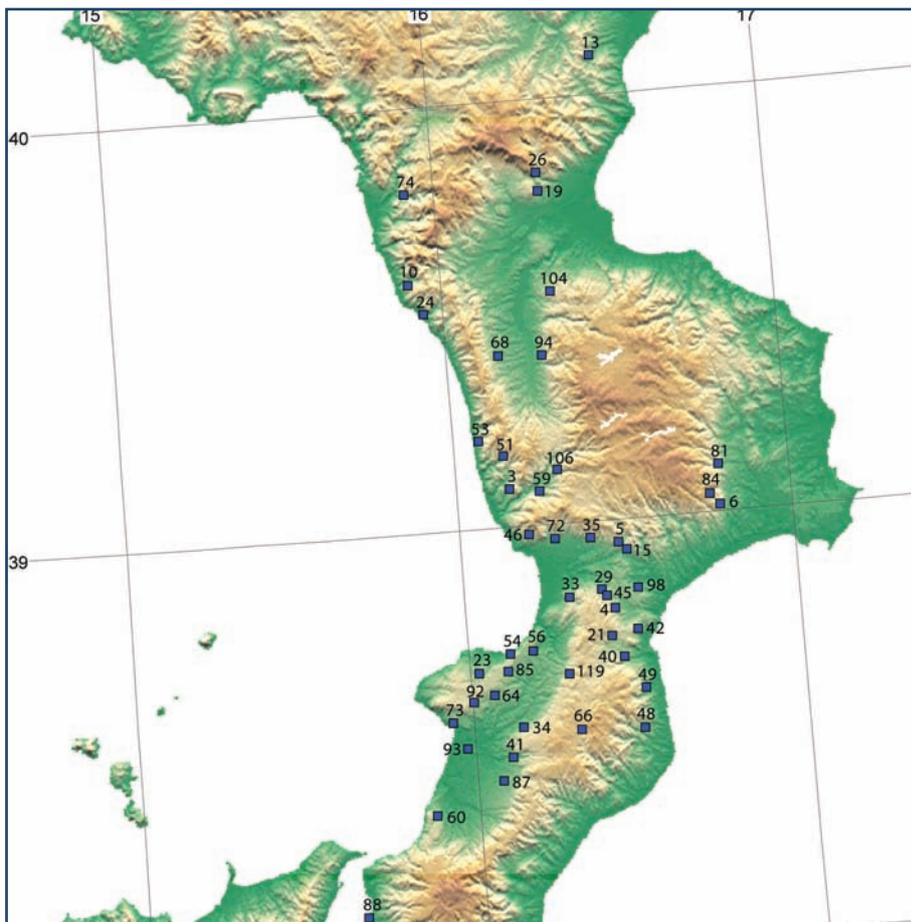


Figura 3 Distribuzione dei siti dove furono osservati effetti idrologici. I numeri corrispondono alle località elencate in Tabella 1.

Figure 3 Geographical distribution of hydrological effects occurred during the September 8, 1905 earthquake. Numbers correspond to the localities listed in Table 1.

"...un viandante osservò, pochi istanti prima della scossa, una luce verso Ovest". [Rizzo, 1907].

"Prima e dopo la scossa si videro in cielo degli sprazzi luminosi", Caraffa, [Rizzo, 1907].

"La popolazione, che si era riservata sulle piazze, vide

distintamente, diffusa in cielo, dalla parte del mar Tirreno, una viva luce, la quale durò anche un pò di tempo dopo la scossa.” Nicastro [Rizzo, 1907].

Da molte di queste testimonianze si nota una curiosa corrispondenza riguardo la direzione dell’osservazione: le luci sembravano provenire o originarsi da

ni nell’istante in cui sopravvenne il fatale terremoto dormiva, e fu, come è detto, risvegliata dal movimento sismico, dal rombo e dal fragore prodotto dal rovinio degli edifici. Inoltre è uopo pur sapere che l’intera città e gran parte delle cose private, sono illuminate a luce elettrica. Ora la caduta dei tetti e delle pareti più elevate dei muri danneg-

giò tosto la conduttura aerea, talché per i corti circuiti e per i fili a terra, essendo la centrale impossibilitata a mantenere il potenziale, dovette tosto sospendere il servizio. Può darsi quindi che le persone risvegliate di soprassalto, trovandosi al buio, abbiano visto chiarore prodotto in quell’atmosfera di bianca polvere delle scariche fra i fili, che per il grande movimento dei muri cui sono raccomandate le mensole, cozzavano assieme e dai corti circuiti formati dai vari contatti fra i fili stessi travolti nel rovinio, prima della fusione delle grandi valvole stradali. Così si potrebbe spiegare il bagliore avvertito da persone assolutamente degne di fede: e questa luce, data la speciale posizione topografica di Monteleone, potrebbe essere pure stata vista più o meno distin-

tamente in molti paesi circostanti. Con ciò non voglio menomamente infirmare altre notizie raccolte e che a suo tempo verranno rese note e discusse”.

1.4 Fenomeni acustici

Molti testimoni riportarono di aver udito un rombo o altro rumore accompagnare la scossa principale. La raccolta di tali effetti ha portato ad individuare 63 località dove testimonianze dirette descrissero, con diverse modalità, la percezione di suoni (Tab 1 e Fig. 5). L’estensione dell’area di osservazione è tale che le due località estreme dove il fenomeno fu percepito, Taranto e Capizzi (ME), distano addirittura 372 km l’una dall’altra.

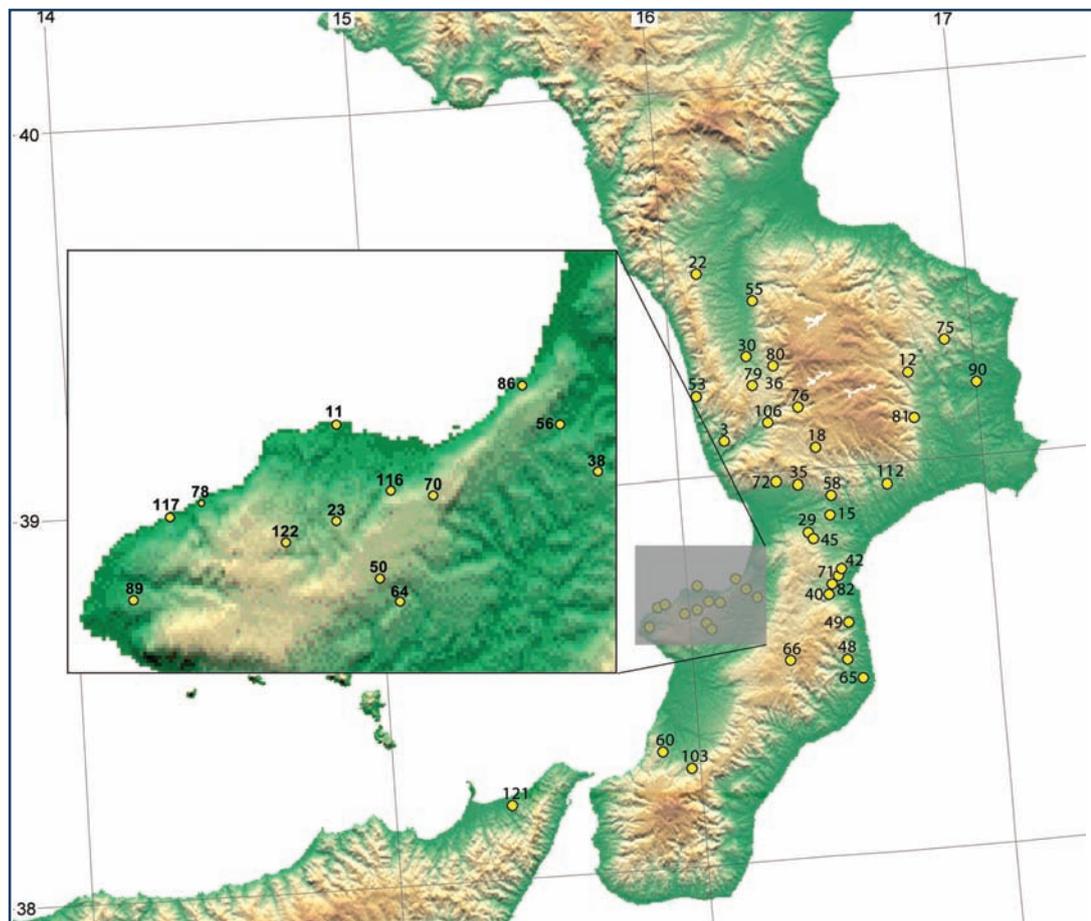


Figura 4 Distribuzione dei siti dove furono osservati effetti luminosi. L’ingrandimento riguarda l’area di Capo Vaticano. I numeri corrispondono alle località elencate in Tabella 1.

Figure 4 Geographical distribution of earthquake lights occurred during the September 8, 1905 earthquake. Inset: the Capo Vaticano promontory area. Numbers correspond to the localities listed in Table 1.

un’area tra Capo Vaticano e il mar Tirreno in direzione circa O-SO. Già gli scienziati dell’epoca avevano affrontato il problema dell’interpretazione di tali fenomeni, motivandoli con la piezoelettricità naturale o con effetti visivi dovuti a danni alla rete elettrica locale [Baratta, 1906; Rizzo, 1907]. Scettica infatti è l’opinione di Baratta [1906] nel riportare le seguenti note:

“Qualcuno, che al momento della scossa si trovava in aperta campagna nei pressi di Monteleone, afferma di aver visto una specie di luce aurorale e quindi una striscia di fuoco verso mare. Molti poi nella stessa città asseriscono di aver osservato un insolito bagliore, un grande lampo. Ma qui bisogna tener presente che la maggior parte dei cittadi-

Dalle testimonianze si nota come le descrizioni riportino, con una certa varietà di espressioni, quanto percepito:

“Prima della scossa si udirono forti boati sotterranei” Cessaniti [Rizzo, 1907];

“La scossa fu preceduta da un forte rumore sotterraneo” Cotroneo, [Rizzo, 1907];

“Prima della scossa si udì un grande fragore” Rombiolo [Rizzo, 1907];

“Per la violenza della scossa e per il cupo rombo che si udiva, pareva di essere sopra una locomotiva lanciata a tutto vapore sopra un terreno disuguale” San Floro. [Rizzo, 1907];

“...secondo altri invece la fase sussultoria fu preceduta da un moto ondulatorio, accompagnato da un fragore di “mille tuoni” come, con frase espressiva, mi venne riferito”. [Baratta, 1906];

“Un rombo cupo, assai intenso, spaventevole precedette di poco l’inizio del movimento sismico e continuò con energia crescente e con vari rinforzi, per tutta la durata del medesimo. Fu paragonato, a detta di tutti, al rumore di un pesante treno che entra in una galleria ferroviaria”. [Baratta, 1906];

“fu preceduta come da un acuto sibilo ed accompagnato da un forte rombo”. Careri, [Rizzo, 1907];

“Il terremoto fu preceduto da un rumore come quello di una forte folata di vento” Santo Stefano d’Aspromonte, [Rizzo, 1907];

“...poi col rumore di mille treni il moto della terra mi fece sobbalzare” [Giornale di Sicilia, del 13/14 settembre 1905];

“Pochi secondi dopo la scossa si udì un forte rombo”, Majerà [Rizzo, 1907].

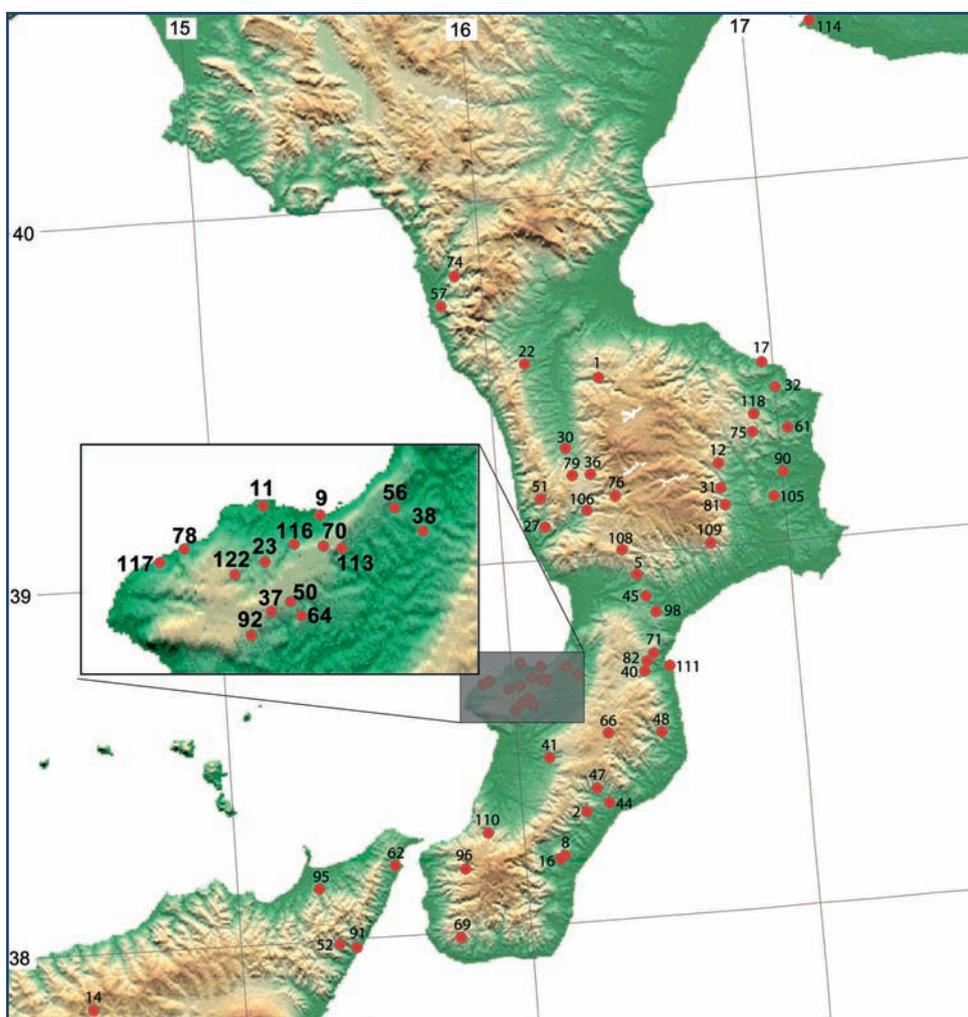


Figura 5 Distribuzione dei siti dove furono avvertiti effetti acustici. L’ingrandimento riguarda l’area di Capo Vaticano. I numeri corrispondono alle località elencate in Tabella 1.

Figure 5 Geographical distribution of earthquake sounds occurred during the September 8, 1905 earthquake. Inset: the Capo Vaticano promontory area. Numbers correspond to the localities listed in Table 1.

n	località	lat.	lon.	effetti luminosi	effetti idrologici	effetti sismogeologici	effetti acustici
1	Acri	39.490	16.386			CRA	✓
2	Agnana	38.304	16.224				-1
3	Aiello Calabro	39.116	16.166			FAL, CRA	
4	Amaroni	38.792	16.446		INC, LIQ		
5	Amato	38.942	16.463			SPR	0
6	Belcastro	39.017	16.785		INC		
7	Belmonte Calabro	39.160	16.079			COH, SPR, CRA	
8	Benestare	38.186	16.138				-1
9	Bivona	38.709	16.103		LIQ	✓	-1
10	Bonifati	39.586	15.902		INC		
11	Briatico	38.724	16.032	✓			-1
12	Caccuri	39.227	16.779	✓			1
13	Canna	40.094	16.504		INC		
14	Capizzi	37.849	14.479				-1
15	Caraffa di Catanzaro	38.880	16.486	✓		COH, CRA	-1 e 1
16	Careri	38.178	16.119				-1 e 0
17	Cariati	39.493	16.960				-1
18	Carlopoli	39.055	16.456	✓			
19	Cassano allo Ionio	39.784	16.317		INC, TUR		
20	Caulonia	38.381	16.409			FAL	
21	Centrache	38.728	16.430		INC		
22	Cervicati	39.543	16.129				✓
23	Cessaniti	38.663	16.026	✓	✓	COH	-1
24	Cetraro	39.516	15.941		INC, TEMP, TUR		
25	Cirò	39.380	17.064			CRA	
26	Civita	39.827	16.313		INC		
27	Cleto	39.090	16.158	✓ SW	INC	CRA	-1
28	Conidoni	38.698	16.035			FAL	
29	Cortale	38.838	16.411	✓	INC	SPR, CRA	
30	Cosenza	39.303	16.251	✓			-1

31	Cotronei	39.159	16.782				-1
32	Crucoli	39.424	17.003			COH	0
33	Curinga	38.826	16.313		INC, LIQ	CRAC	
34	Dinami	38.528	16.147		INC	COH	
35	Feroleto Antico	38.962	16.388	✓	LIQ		
36	Figline V.	39.226	16.331				-1
37	Filandari	38.615	16.030			COH	0
38	Filogaso	38.681	16.228	✓			✓
39	Fitili	38.675	15.931			✓	
40	Gagliato	38.676	16.462	✓	INC		-1 e 1
41	Galatro	38.459	16.109		INC	FAL	0
42	Gasperina	38.739	16.508	✓	INC		
43	Gerocarne	38.587	16.219			SPR	
44	Gioiosa Ionica	38.323	16.303				0
45	Girifalco	38.822	16.425	✓	TUR		
46	Gizzeria	38.980	16.206		INC DEC	COH, CRA	
47	Grotteria	38.366	16.266				0
48	Guardavalle	38.505	16.505	✓	DEC	COH	-1
49	Isca sullo Ionio	38.600	16.519	✓	TEMP		
50	Jonadi	38.626	16.055	✓ WSW			-1
51	Lago	39.168	16.147		INC	COH	-1
52	Locadi	37.989	15.340				-1
53	Longobardi CS	39.208	16.077	✓	DEC		
54	Longobardi VV	38.702	16.122		DEC, TUR		
55	Luzzi	39.445	16.288	✓			
56	Maierato	38.706	16.191	✓	INC, LIQ, TUR	CRA	-1
57	Majerà	39.718	15.852				1
58	Marcellinara	38.928	16.494	✓	INC, LIQ, TEMP	COH	
59	Martirano	39.080	16.248		INC, LIQ, TEMP	COH	
60	Melicuccà	38.302	15.881	✓ N			
61	Melissa	39.301	17.031				-1

62	Messina	38.194	15.550				-1
63	Miglierina	38.947	16.471		DEC		
64	Mileto	38.608	16.068	✓ W	DEC	COH	✓
65	Monasterace	38.453	16.551	✓			
66	Mongiana	38.513	16.319	✓	✓		-1 e 1
67	Mongrassano	39.526	16.111	✓			
68	Montalto Uffugo	39.405	16.158		INC, LIQ		
69	Montebello J.	37.984	15.759				0
70	Monteleone	38.675	16.102	✓ W		✓	0
71	Montepaone	38.722	16.497	✓			✓
72	Nicastro	38.974	16.318	✓ SW			
73	Nicotera	38.551	15.938		INC, LIQ		
74	Orsomarso	39.799	15.909		TUR		-1
75	Pallagorio	39.306	16.910	✓			-1
76	Parenti	39.162	16.410	✓			
77	Parenti	39.163	16.411				0
78	Parghelia	38.681	15.923	✓		CRA	1
79	Paterno Calabro	39.227	16.265	✓			-1
80	Pedace	39.274	16.340	✓ SW			
81	Petilia Policastro	39.111	16.789	✓	DEC, TUR		-1
82	Petrizzi	38.701	16.473	✓			-1
83	Petrizzi	38.702	16.474				-1
84	Petronà	39.043	16.758		INC		
85	Piscopio	38.661	16.113		INC	COH	
86	Pizzo	38.733	16.159	✓ SW	INC		
87	Polistena	38.406	16.076		INC		
88	Reggio di Calabria	38.108	15.647		TEMP		
89	Ricadi	38.626	15.867	✓		CRA	
90	Rocca di Neto	39.190	17.002	✓			-1
91	Roccalumera	37.977	15.396				✓
92	Rombiolo	38.596	16.004		DEC, TUR		-1

93	Rosarno	38.487	15.976		INC, LIQ		
94	Rose	39.398	16.288		INC		
95	S. Lucia del Mela	38.144	15.283				-1
96	S. Stefano d'Aspromonte	38.170	15.790				-1
97	Sambiase	38.966	16.282		INC, TEMP		
98	San Floro	38.837	16.519		INC	COH, SPR	0
99	San Gregorio d'Ippona	38.643	16.104			COH	
100	San Leo	38.719	16.023			FAL	
101	San Martino di Finita	39.489	16.108			SPR	
102	Sant'Anna	38.322	15.887			COH	
103	Santa Cristina d'A.	38.254	15.970	✓ NW			
104	Santa Sofia d'Epiro	39.546	16.329		INC	CRA	
105	Scandale	39.125	16.962				0
106	Scigliano	39.127	16.306	✓	✓		-1
107	Seminara	38.335	15.871		INC, LIQ	SPR	
108	Serrastretta	39.014	16.417				-1
109	Sersale	39.012	16.728				-1
110	Sinopoli	38.265	15.879				-1
111	Soverato	38.686	16.551				-1
112	Soveria Simeri	38.946	16.679	✓ NE			
113	Stefanaconi	38.672	16.121			COH	-1
114	Taranto	40.418	17.241				-1
115	Tiriolo	38.947	16.509			FAL	
116	Triparni	38.680	16.067	✓ N		COH	0
117	Tropea	38.674	15.898	✓		CRA	-1
118	Umbriatico	39.355	16.919				-1
119	Vallelonga	38.646	16.294		DEC, LIQ		
120	Vena Superiore	38.660	16.057			COH	
121	Venetico	38.193	15.381	✓			
122	Zungri	38.654	15.984	✓ W		FAL	0

Tabella 1 Lista delle località dove furono osservati gli effetti provocati dal terremoto dell'8 settembre 1905. Il numero d'ordine di ogni località è lo stesso riportato nelle figure 2, 3, 4 e 5. Nella colonna "effetti luminosi" è riportata, laddove possibile, la direzione apparente dell'effetto osservato. INC / DEC: incremento / calo della portata di acqua; LIQ: liquefazione; TEM: variazione della temperatura; TUR: torbidità; FAL: frane di crollo, COH: scorrimenti, SPR: espansioni, CRA: fratture nel terreno. Nella colonna "effetti acustici" è riportata la relazione temporale della percezione con il terremoto: -1 (prima), 0 (durante), 1 (dopo). La presenza del solo *flag* indica la generica segnalazione dell'effetto senza possibilità di riconoscere il tipo.

Table 1 List of the environmental effects observed following the 1905 earthquake. The number in the first column indicates the localities in each figure of the article (Figs. 2, 3, 4, 5). For each locality the table shows the geographical coordinates. In the fifth column, "Earthquake lights", is also reported the apparent direction of observation.

Legend of hydrological observations (sixth column): INC / DEC increase / decrease of the streamflow; TEMP variation of water temperature; TUR turbidity; LIQ liquefaction.

Legend of ground effects (seventh column): COH coherent slide; FAL disrupted slide; SPR lateral spread; CRA ground cracks.

Legend of acoustic effects (eighth column): temporal relation between acoustic perception and earthquake occurrence. -1 (before), 0 (during), 1 (after).

The mere tick indicates unspecified kind of effect.

2. Interpretazione ed uso sismologico dei fenomeni

2.1 Effetti sismogeologici

I terremoti di magnitudo superiore a 5 sono in grado di produrre effetti geologici, effetti cioè visibili sui terreni e permanenti. Questi effetti cosismici possono essere primari, se direttamente prodotti dal terremoto tramite fagliazione superficiale, o secondari se innescati dallo scuotimento del suolo, cioè frane, fratture, smottamenti. L'ampiezza dell'area colpita da tali fenomeni è fortemente dipendente dalla magnitudo del terremoto, ma anche da altri fattori come la distanza epicentrale [Keefer, 1984], la litologia, la vegetazione, il clima, la pendenza media dei versanti, il drenaggio [Keefer, 2000; Kojima and Obayashi, 2006].

I terremoti più forti possono innescare fenomeni franosi a centinaia di chilometri di distanza, sebbene la maggior parte degli effetti geologici secondari siano comu-

ni a distanze comprese entro gli 80-90 km dall'epicentro. Come osservato per diversi terremoti italiani storici e recenti [Esposito et al., 2000; Prestininzi and Romeo, 2000; Porfido et al., 2002], la massima concentrazione di effetti sui terreni rientra in un raggio di 20-60 km dall'epicentro o dalla rottura di faglia.

Per quanto riguarda il terremoto in studio, abbiamo provato a determinare un valore di magnitudo a partire dalla distribuzione delle frane sul territorio. Considerando un'area interessata dai fenomeni franosi di circa 6000 kmq, utilizzando le relazioni di Keefer [1984] si ottiene una magnitudo di 6.7; questo valore è da considerare come minimo in quanto, in una diversa situazione geografica, l'area interessata da frane sarebbe stata probabilmente maggiore, data la forma della Calabria e la probabilità che l'epicentro sia in mare. Abbiamo poi messo in relazione la magnitudo con la massima distanza epicentrale di una frana [Keefer, 1984], e poiché la letteratura non fornisce un epicentro

univoco per questo terremoto, abbiamo preso in considerazione i tre più diffusi nella comunità scientifica. Il risultato è visibile in tabella 2.

2.2 Effetti idrologici

Da secoli vengono osservate variazioni nel regime delle acque associate ai terremoti. Questi effetti di tipo idrologico comprendono sia le variazioni di portata di fiumi, sorgenti o livelli nei pozzi, sia le variazioni di temperatura e composizione.

La maggior parte sono di natura

Epicentro	Autori	Massima distanza km	Magnitudo
38.80N-16.10E	Postpischl, 1985	104	6.3
38.67N- 16.07E	Gruppo di lavoro CPTI04	117	6.3
38.63N-15.47E	Michelini et al., 2006	159	6.6

Tabella 2 Magnitudo calcolate per i tre epicentri maggiormente usati in letteratura considerando la massima distanza frana/epicentro secondo Keefer [1984].

Table 2 Magnitude in function of the maximum distance of landslides from epicentre according to Keefer [1984]. Missing a completely shared epicentre, we used for computation the three most known locations in literature.

cosismica, anche se la loro occorrenza è stata osservata sia prima che dopo forti eventi. Come per gli effetti sismogeologici, anche la frequenza degli effetti idrologici è dipendente dalla magnitudo del terremoto e dalla distanza epicentrale [vedi fra gli altri Muir-Wood and King, 1993]. Analogamente a quanto fatto per le frane abbiamo calcolato, secondo Montgomery e Manga [2003], la magnitudo in funzione della massima distanza dall'epicentro alla quale furono osservati effetti idrologici. In tabella 3 è mostrato il risultato. Sottolineiamo che anche in questo caso i valori ottenuti sono conservativi sia per i motivi già descritti, sia perchè corrispondono alla soglia minima di magnitudo alla quale può verificarsi liquefazione [Montgomery e Manga [2003].

2.3 Fenomeni luminosi

Di tutti i fenomeni che vengono associati ai terremoti le luci sono quelli meno compresi, la cui spiegazione e il loro legame con i terremoti deve essere tuttora considerato con cautela.

Racconti di avvistamento di fenomeni luminosi in occasione di forti terremoti si perdono nella notte dei tempi, tanto che il Galli [1910] sentì la necessità di pubblicarne una raccolta catalogando tali effetti in nove categorie, poi ridotte a cinque in un successivo lavoro di Montandon [1948].

Le spiegazioni dei fenomeni luminosi che si sono succedute nel tempo vanno dalla causa piezoelettrica, alla sonoluminescenza, all'emanazione di gas infiammabili [tra gli altri Derr, 1973; Finkelstein et al., 1973; Hedervari and Noszticzius, 1985; Johnston, 1991].

Le ipotesi più recenti riguardano la migrazione di ioni carichi positivamente verso l'interfaccia terra-aria sottoforma di nubi di plasma, all'interno delle quali sarebbero in grado di originare luminosità e altri fenomeni elettro-magnetici [Takeuchi and Nagahama, 2002; Freund, 2002; St-Laurent et al., 2006]. Tali cariche sarebbero generate nella roccia dalla fratturazione e dalla frizione dovuta all'azione sismica o dall'eccitazione causata dal passaggio delle onde-P.

Nel caso dei fenomeni luminosi non esistono correlazioni accettate con parametri sismologici, sia perché il fenomeno non è ancora chiarito nei suoi meccanismi sia perché non abbiamo a disposizione dati sufficienti per analisi statisticamente robuste. Per questo motivo, in questo articolo, ci siamo limitati a fornire il semplice

inventario delle osservazioni dei fenomeni luminosi osservati durante il terremoto dell' 8 settembre 1905.

2.4 Fenomeni acustici

Una delle testimonianze più comunemente riportate a seguito di un terremoto riguarda la percezione di rombi o altri fenomeni acustici avvertiti prima, durante o dopo la scossa. Il sentire comune prima del XIX secolo legava il rumore del terremoto al trasferimento di masse gassose o di vapore dall'interno della Terra verso l'esterno. Questa concezione era diretta conseguenza delle teorie aristoteliche che individuavano nel *pneuma* la causa stessa dei terremoti. Nel Libro dei Prodigii di Giulio Ossequente (Obsequens, IV sec. d.C.) si legge spesso "*Terra cum mugitu tremuit*", come pure nelle *Naturales quaestiones* Seneca descrive il rombo sismico come precursore "*antequam terra moveatur, solet mugitus audiri*" (Seneca, I sec. d.C.).

Con lo sviluppo della moderna sismologia Cancani [1902] e Davison [1938] pubblicarono le prime raccolte di effetti acustici dei terremoti arrivando a definire una scala di suoni, le cui descrizioni suonano alquanto grottesche. Il rombo del terremoto è di volta in volta paragonato al *passaggio di un carro, ad uno stormo di pernici che si leva in volo, o ad un branco di elefanti in cammino*. Si è compreso successivamente che il rumore del terre-

Epicentro	Autori	Massima distanza km	Magnitudo
38.80N-16.10E	Postpischl, 1985	148	6.5
38.67N- 16.07E	Gruppo di lavoro CPTI04	162	6.6
38.63N-15.47E	Michellini et al., 2006	185	6.7

Tabella 3 Magnitudo calcolate per i tre epicentri maggiormente usati in letteratura considerando la massima distanza effetto idrologico/epicentro secondo Montgomery e Manga [2003].

Table 3 Magnitude in function of the maximum distance of hydrological effects from epicentre according to Montgomery and Manga [2003]. Missing a completely shared epicentre, we used for computation the three most known locations in literature.

moto è spiegabile come un'onda acustica generata dall'onda-P al passaggio tra terra e aria, che mantiene le stesse caratteristiche compressive [Steinbrugge, 1974; Hill et al., 1976; Stiermann, 1980; Sylvander et al., 2007]. Data la stretta correlazione fisica tra onda sismica e percezione acustica si è anche messa in relazione la distribuzione geografica dei rombi con la propagazione della radiazione sismica e il meccanismo focale del terremoto [Tosi et al., 2000].

Conclusioni

I fenomeni associati ai terremoti sono stati per secoli considerati segni prodigiosi che sottolineavano il carattere soprannaturale e straordinario dei terremoti stessi. Col progredire delle conoscenze scientifiche questi aspetti hanno perduto questa loro caratteristica a favore di spiegazioni più razionali. La nascita e la successiva espansione della sismologia strumentale hanno progressivamente ridotto l'interesse sullo studio di questi fenomeni. In tempi più recenti e grazie a nuovi approcci metodologici la ricerca è tornata ad occuparsi del rapporto tra eventi sismici e fenomeni associati, in particolare modo degli effetti sismogeologici ed idrologici. In questo lavoro abbiamo catalogato i vari effetti prodotti dal disastroso terremoto dell'8 settembre 1905 recuperandoli dalle numerose fonti coeve e riunendoli per la prima volta in un unico documento. Il quadro generale mostra 122 località (Tab. 1) dove testimonianze dirette osservarono i fenomeni prodotti dall'evento: effetti sismogeologici (frane e fratture nei terreni), idrologici (liquefazioni, variazioni di portata delle acque, cambiamenti chimico-fisici), effetti luminosi e acustici percepiti. Abbiamo inoltre calcolato la magnitudo dell'evento utilizzando i datasets sismogeologici e idrologici secondo relazioni empiriche note in letteratura [Keefer, 1984; Montgomery and Manga, 2003]. I valori di magnitudo trovati oscillano da 6.3 a 6.7 e, pur essendo conservativi, confermano che l'evento del 1905 è stato uno dei più forti del secolo scorso.

Bibliografia

- Abe K. and Noguchi S., (1983). *Revision of magnitudes of large shallow earthquakes, 1897-1912*. Phys. Earth Planet. Inter., 33, 1-11.
- Almagià R., (1910). *Studi geografici sulle frane in Italia, vol. II. L'Appennino centrale e meridionale. Conclusioni generali*, Mem. Soc. Geogr. It., 14, pp.431, Roma.
- Baratta M., (1906). *Il grande terremoto calabro dell'8 settembre 1905*. Atti Soc. Toscana di Sc. Nat., XXII, pp. 57-80.
- Boschi E., Ferrari G., Gasperini P., Guidoboni E., Smriglio G., Valensise G., (1995). *Catalogo dei forti terremoti in Italia dal 461 a.C. al 1980*, ING-SGA, Bologna.
- Cancani A., (1902). *Rombi sismici*, Boll. Soc. Sismol. It. 7, 23-47.
- Castenetto S. e Sebastiano M. (a cura di), (2007). *Calabria 8 settembre 1905: da terremoto alla ricostruzione*, Pres. Consiglio dei Ministri - Dip. Protezione Civile, pp. 350, O.GRA.RO, Roma.
- Chiodo G., Dramis F., Gervasi A., Guerra I., Sorriso-Valvo M., (1999). *Frane sismo-indotte e pericolosità di sito: primi risultati dello studio degli effetti di forti terremoti storici in Calabria centro-settentrionale*, 18 GNGTS, Roma.
- Cotroneo R., (1906). *In Calabria. In giro sulle rovine del terremoto*, ristampa anastatica Ed. Brenner, S. Giovanni in P., 1990.
- Cucci L. e Tertulliani A., (2006). *I terrazzi marini nell'area di Capo Vaticano (Arco Calabro): solo un record di sollevamento regionale o anche di deformazione cosismica?*, Il Quaternario, 19, 89-101.
- Derr J. S., (1973). *Earthquake lights: A review of observations and present theories*. Bull. Seism. Soc. Am., 63, no. 2, 2177-2187.
- Davison C., (1938). *Earthquake sounds*, Bull. Seism. Soc. Am. 28, 147-161,.
- Duda S. J., (1965). *Secular seismic energy release in the circum-Pacific belt*, Tectonophysics, 2, 409-452.
- Esposito E., Porfido S., L. Simonelli A., Mastrolorenzo G., Iaccarino G., (2000). *Landslides and other surface effects induced by the 1997 Umbria-Marche seismic sequence*, Engineering Geology, 58, 353-376.
- Fantucci R. and Sorriso-Valvo M., (1999). *Dendrogeomorphological analysis of a slope near Lago, Calabria (Italy)*, Geomorphology, 30, 165-174.
- Finkelstein D., Hill R. D., Powell J. R., (1973). *The piezoelectric theory of earthquake lighting*, J. Geoph. Res., 78, 6, 992-993.
- Freund F., (2002). *Charge generation and propagation in igneous rocks*, Journal of Geodynamics, vol.33, no.4-5, pp.543-570.
- Galli I., (1910). *Raccolta e classificazione di fenomeni luminosi osservati nei terremoti*, Boll. Soc. Sism. It., Vol XIV, 221-447.
- Galli P., (2000). *New empirical relationships between magnitude and distance for liquefaction*, Tectonophysics, 324, 169- 187, 2000.
- Galli P. and Bosi V., (2002). *Paleoseismology along the Cittanova fault: Implications for seismotectonics and earthquake recurrence in Calabria (southern Italy)*, J. Geoph. Res. 107, B3, 2044, 10.1029/2001JB000234..
- Gruppo di lavoro CPTI04, (2004). *Catalogo Parametrico dei Terremoti Italiani, vers. 2004 (CPTI04)*, INGV, Bologna, <http://emidius.mi.ingv.it/CPTI04/>
- Johnston A. C., (1991). *Light from seismic waves*, Nature, vol. 354, 361.
- Hill D. P., Fisher F. G., Lahr K. M., Coakley J. M., (1976). *Earthquake sounds generated by body-wave ground motion*, Bull. Seism. Soc. Am. 66, 1159-1172.

- Hedervari P. and Noszticzius Z., (1985). *Recent results concerning earthquake lights*, *Annals Geophysicae*, 3, 705-708.
- Jaricci L., (1905). *Tra rovine e desolazione. Episodi completi del terremoto di Calabria del 1905*, L. Romeo (a cura di) Ristampa anastatica, Cosenza, 2005.
- Keefer D. K., (1984). *Landslides caused by earthquakes*, *Geol. Soc. Am. Bull.*, 95, 406-421.
- Keefer D. K., (2000). *Statistical analysis of an earthquake-induced landslide distribution. The 1989 Loma Prieta, California event*, *Engineering Geology* 58, 231-249.
- Kojima H. and Obayashi S., (2006). *An inverse analysis of unobserved trigger factor for slope stability evaluation*, *Computers & Geosciences* 32, 1069-1078.
- Kostner F., (2002). *La tragedia di Ajello*, Klipper, Castrovillari.
- Lais G., (1906). *Risultati preliminari di un'escursione in Calabria per lo studio dei fenomeni prodotti dalla commozione tellurica del 1905*, *Atti Pont. Acc. Rom. dei Nuovi Lincei*, LIX, 77-85.
- Malagodi O. (1905). *Calabria desolata*, Roma, Torino, Roux e Viarengo.
- Margottini C., Ambraseys N.N., Screpanti A., (1993). *La magnitudo dei terremoti italiani del XX secolo*. ENEA, Roma, 57 pp.
- Martini M. and Scarpa R., (1983). *Earthquakes in Italy in the last century*, in: H. Kanamori and E. Boschi (eds), *Earthquakes, Observation Theory and Interpretation*, 85th E. Fermi Summer School in Geophysics, North Holland Publ. Co., 479-492.
- Mercalli G., (1906). *Alcuni risultati ottenuti dallo studio del terremoto calabrese dell' 8 settembre 1905*, *Atti Acc. Pontoniana di Napoli*, XXXVI, Mem. 8, pp. 1-9.
- Michelini A., Lomax A., Nardi A., Rossi A., Palombo B., Bono A., (2006). *A modern re-examination of the locations of the 1905 Calabria and the 1908 Messina Straits earthquakes*, *Seism. Res. Lett.*, vol.77, no.2, pp.213.
- Montanari G., (1940). *Studio generale dei movimenti franosi in provincia di Catanzaro*, *Ann. Lavori Pubblici*, anno LXXVIII, 3, 125.231.
- Montandon F., (1948). *Lueurs et malaises d'origine sismique*, *Geographica Helvetica*, III, 157-176.
- Montgomery D. R. and Manga M., (2003). *Streamflow and water well responses to earthquakes*, *Science*, 300, 2047-2049.
- Muir-Wood R. and King G. C. P., (1993). *Hydrological signatures of earthquake strain*, *J. Geoph. Res.*, 98, 22035-22068.
- Obsequens G., *Prodigiorum Liber*, IV sec. d.C.
- Porfido S., Esposito E., Vittori E., Tranfaglia G., Michetti A.M., Blumetti M., Ferreli L., Guerrieri L., Serva L., (2002). *Areal distribution of ground effects induced by strong earthquakes in the Southern Apennines (Italy)*, *Surveys in Geophysics* 23: 529-562,
- Postpischl D., ed., (1985). *Catalogo dei terremoti italiani dall'anno 1000 al 1980*, Consiglio Nazionale delle Ricerche, Progetto Finalizzato Geodinamica (CNR-PFG). Quaderni de "La Ricerca Scientifica", n. 1145, 2b, pp. 239. Bologna.
- Prestininzi A. and Romeo R., (2000). *Earthquake-induced ground failures in Italy*, *Eng. Geol.* 58, 387-397.
- Ruscetti M. and Schick R., (1974). *Earthquakes and tectonics in Southern Italy*, *Proceed. of Joint Symposium of the European Seismological Commission and the European Geophysical Society*, Trieste, 21 September 1974, 59-78.
- Rizzo G.B., (1907). *Contributo allo studio del terremoto della Calabria del giorno 8 settembre 1905*, *Atti R. Acc. Peloritana*, XXII, fasc. I, pp. 2-87.
- Seneca L. A., *Naturales quaestiones*, Liber VI, I sec. d.C.
- Soter S., (1999)., *Macroscopic seismic anomalies and submarine pockmarks in the Corinth-Patras rift, Greece*, *Tectonophysics*, 308, 275-290.
- Steinbrugge K. V., (1974). *A catalog of earthquake related sounds*, *Bull. Seism. Soc. Am.* 64, 1409-1418.
- Stiermann D. J., (1980). *Earthquake sounds and animal cues; some field observations*, *Bull. Seism. Soc. Am.*, 70, 639-643.
- St-Laurent F., Derr J. S., Freund F. T., (2006). *Earthquake lights and the stress-activation of positive hole charge carriers in rocks*, *Phys. Chem. Earth*, 31, 305-312.
- Sylvander M., Ponsolles C., Benahmed S., (2007). *Seismoacoustic recordings of small earthquakes in the Pyrenees: Experimental results*, *Bull. Seis. Soc. Am.* 97, 294-304.
- Takeuchi A. and Nagahama H., (2002). *Interpretation of charging on fracture or frictional slip surface of rocks*, *Phys. Earth Plan. Int.* 130 (3-4), 285-291.
- Tosi P., De Rubeis V., Tertulliani A., Gasparini C., (2000). *Spatial patterns of earthquake sounds and seismic source geometry*, *Geoph. Res. Lett.* 27, 17, 2749-2752.
- Westaway R., (1992). *Seismic moment summation for historical earthquakes in Italy: tectonic implications*, *J. Geophys. Res.*, 97, 15437-15464.

Ringraziamenti

Si ringrazia Viviana Castelli per la preziosa rilettura.

Indice

Introduzione	4
1. Effetti ambientali osservati in seguito al terremoto	5
1.1 Effetti sismogeologici	5
1.2 Variazioni del regime delle acque	6
1.3 Fenomeni luminosi	7
1.4 Fenomeni acustici	8
2. Interpretazione ed uso sismologico dei fenomeni	14
2.1 Effetti sismogeologici	14
2.2 Effetti idrologici	14
2.3 Fenomeni luminosi	15
2.4 Fenomeni acustici	15
Conclusioni	16
Bibliografia	16
Ringraziamenti	17

Coordinamento editoriale e impaginazione

Centro Editoriale Nazionale | INGV

Progetto grafico e redazionale

Laboratorio Grafica e Immagini | INGV Roma

© 2008 INGV Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia

Via di Vigna Murata, 605

00143 Roma

Tel. +39 06518601 Fax +39 065041181

<http://www.ingv.it>



Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia