

# Il terremoto del 13 gennaio 1915 e la pericolosità sismica dell'area

Il terremoto della Marsica del 13 gennaio 1915, di magnitudo 7, devastò l'area del Fucino causando circa 30000 vittime e distruggendo diversi centri abitati, tra cui la città di Avezzano. In questo lavoro sono descritti le principali caratteristiche dell'evento sismico e gli effetti sull'ambiente e, sulla base dell'attuale classificazione sismica e degli studi di microzonazione sismica in corso, il livello di pericolosità sismica dell'area fucense, determinato dalla combinazione della pericolosità di base e degli effetti di sito

DOI 10.12910/EAI2015-075

■ G. Scarascia Mugnozza, S. Hailemikael, G. Martini

## Introduzione

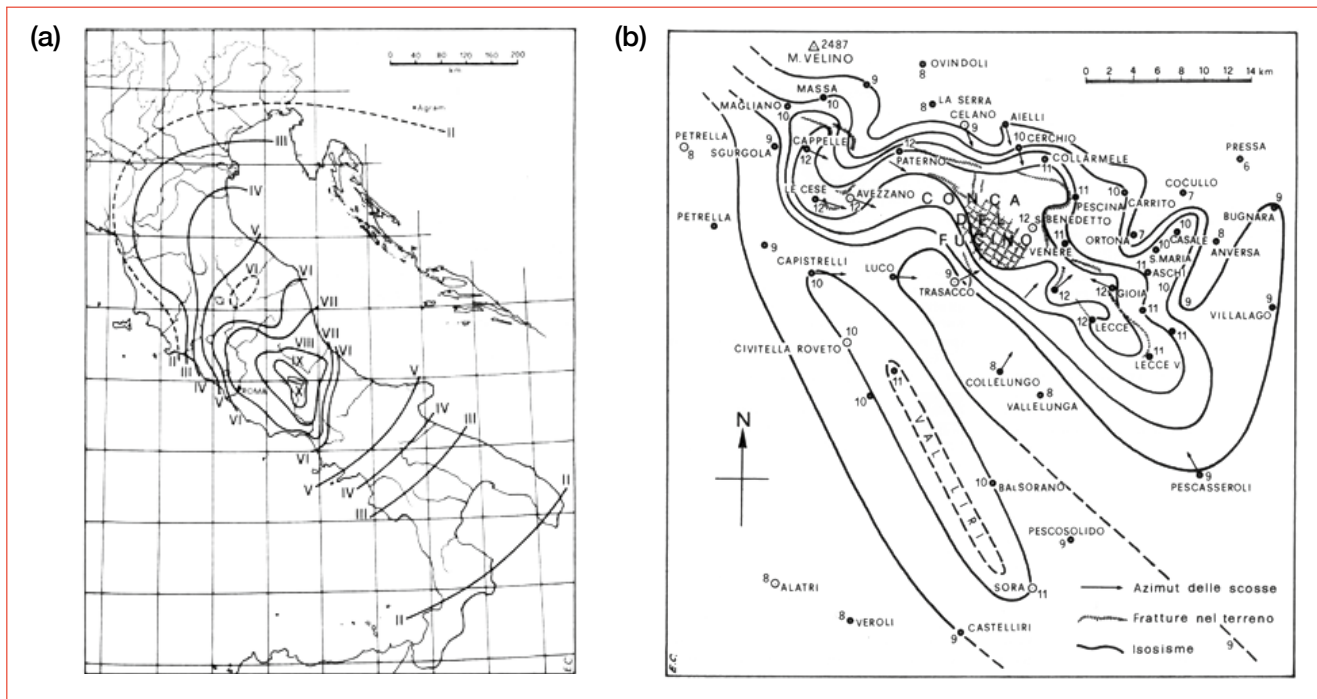
*“Non mi resi subito conto di ciò che era avvenuto; ritenni dapprima che si trattasse del crollo improvviso dello stesso stabilimento dove ero occupato: catastrofe forse avvenuta per lo scoppio di qualche macchina. Non potevo immaginare quale orribile immane catastrofe si fosse abbattuta sulla ridente Avezzano, così tranquilla e piena di vita. La gamba sinistra mi doleva abbastanza, ma ciò non mi impedì di trascinararmi fino all'aperto. Ma appena fuori, le mie orecchie furono straziate da mille lamenti. Guardai Avezzano e credetti ancora di essere vittima di un orrendo sogno: il castello, gli stabilimenti dagli alti fumaiole, la Chiesa dell'artista ed agile campanile, tutto era scomparso. Avezzano era scomparsa ed al suo posto non si scorgevano che pochi muri” (Il Mattino di Napoli, 14 gennaio 1915).* Con queste drammatiche parole, un testimone oculare descrive i momenti immediatamente seguenti la scossa di terremoto che colpì Avezzano il 13 gennaio 1915. Fu questo uno dei più distruttivi eventi sismici della storia italiana, con circa 30.000 vittime e 20 centri abitati che subirono la quasi totale distruzione degli edifici. I successivi studi sulla distribuzione dei danni evidenziarono che la cattiva qualità dei materiali di costruzione e le carenze strutturali, insieme a caratteristiche geologico-tecniche tali da innescare fenomeni di amplificazione sismica nei siti più danneggiati, furono le principali cause di distruzione.

## Il terremoto del 13 gennaio 1915

### Caratteristiche generali dell'evento

Il 13 gennaio 1915 alle ore 06:52:43 (GMT) un catastrofico terremoto colpì l'area della Marsica e parte del Lazio meridionale con intensità che raggiunsero l'XI grado della scala Mercalli-Cancani-Sieberg (MCS), secondo quanto riportato nel Catalogo INGV-CPT111 (Rovida *et al.*, 2011). La scossa fu avvertita (Figura 1a) nella maggior parte del territorio italiano, dalla Pianura Padana alla Basilicata. In Castenetto e Galadini (1999), si calcola per questo evento una magnitudo  $M_s = 7.0$  (st. dev. 0.6 su informazioni da 22 stazioni sismometriche) e  $m_b = 6.8$  (st. dev. 0.2 su 2 stazioni). Più recentemente, Rovida *et al.* (2011) stimano una magnitudo  $M_w = 7.0 \pm 0.09$  (macrosismica) e  $M_w = 7.04 \pm 0.37$  (da regressione di dati strumentali). La scossa principale, che non fu preceduta da *foreshocks*, diede inizio ad un prolungato sciame sismico che si protrasse per circa 4 anni (Cava-

Contact person: Gabriele Scarascia Mugnozza  
gabriele.scarasciamugnozza@uniroma1.it



**FIGURA 1** Carte delle isosisme del terremoto del Fucino del 13.1.1915: (a) generale; (b) dettaglio per l'area epicentrale  
 Fonte: a) Martinelli, 1915; b) Oddone, 1915

sino, 1935). Come evidenziato in Castenetto e Galadini (1999), le repliche non superarono valori di magnitudo  $M_s = 4.7$ , in linea con il comportamento delle strutture sismogenetiche dell'area appenninica.

#### Gli effetti sui centri abitati

Il terremoto di Avezzano del 1915 ebbe effetti distruttivi in tutta la Marsica. È stato infatti calcolato (Castenetto e Galadini, 1999) che 21 località subirono la distruzione quasi totale degli edifici, con intensità macrosismiche maggiori o uguali al X grado MCS. Particolarmente pesante fu anche il numero totale delle vittime pari a circa 30.000 unità, che sono state così suddivise per provincia:

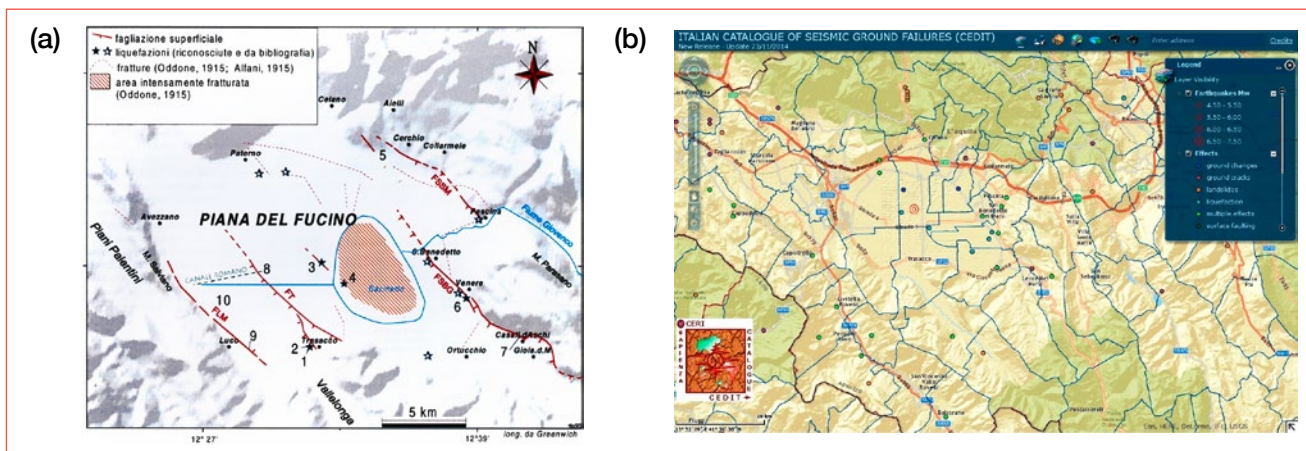
- L'Aquila 29.105;
- Frosinone 527;
- Rieti 391;
- Pescara 15;
- Roma 7.

Basandosi su rilevazioni e analisi eseguite nell'area

colpita dal terremoto nei giorni immediatamente successivi alla scossa principale, Oddone (1915) verificò che la maggior parte dei danni agli edifici era imputabile sia alla localizzazione dei centri abitati, posti in siti con caratteristiche geologico-tecniche tali da indurre fenomeni di amplificazione locale del moto sismico, sia all'alta vulnerabilità degli edifici. Infatti, Oddone notò che la maggior parte degli abitati danneggiati erano posizionati su alluvioni recenti o al contatto tra depositi soffici e rocce carbonatiche o, infine, su conoidi o falde di detrito. Per le tipologie edilizie, veniva rimarcata la cattiva qualità dei materiali di costruzione e gravi difetti di realizzazione quali fondazioni insufficienti, gravi difetti strutturali nelle travature e nelle compagini murarie, presenza di sbalzi, volte pesanti e tetti fortemente spingenti.

#### Gli effetti sull'ambiente

Gli effetti del terremoto sull'ambiente furono numerosi ed estesi su un'area molto vasta.



**FIGURA 2** Ubicazione degli effetti del terremoto del 1915 sull’ambiente fisico nell’area del Fucino  
 Fonte: a) Castenetto e Galadini, 1999; b) Fortunato et al., 2012

A questo proposito, il “Catalogo italiano degli effetti deformativi del suolo indotti dai forti terremoti” (CEDIT-Fortunato *et al.*, 2012) ha censito 41 fenomeni franosi, 12 liquefazioni, 38 rotture superficiali del terreno, 12 modificazioni della superficie topografica.

In particolare, Oddone (1915) segnalò la formazione di una spaccatura del terreno che bordava perimetralmente la piana del Fucino per una lunghezza di circa 70 km, con una larghezza di 30-100 cm e con uno spostamento verticale relativo dei due lati della spaccatura di circa 30-90 cm, dalla quale furono osservate fuoriuscite di acqua e gas infiammabili.

Lo stesso Autore registrò la formazione di vulcanelli di fango (es. Pescina, Sora e Concerviano), e numerosi fenomeni di instabilità dei versanti quali l’innesco di frane o il distacco di massi.

Per quello che riguarda gli effetti di tipo idrogeologico, in molte località furono segnalate l’intorbidimento, la variazione della portata o la temporanea scomparsa di sorgenti e variazioni dei livelli di pozzi o di bacini idrici (Cavasino, 1935).

## Pericolosità sismica dell’area

### Le sorgenti sismogenetiche

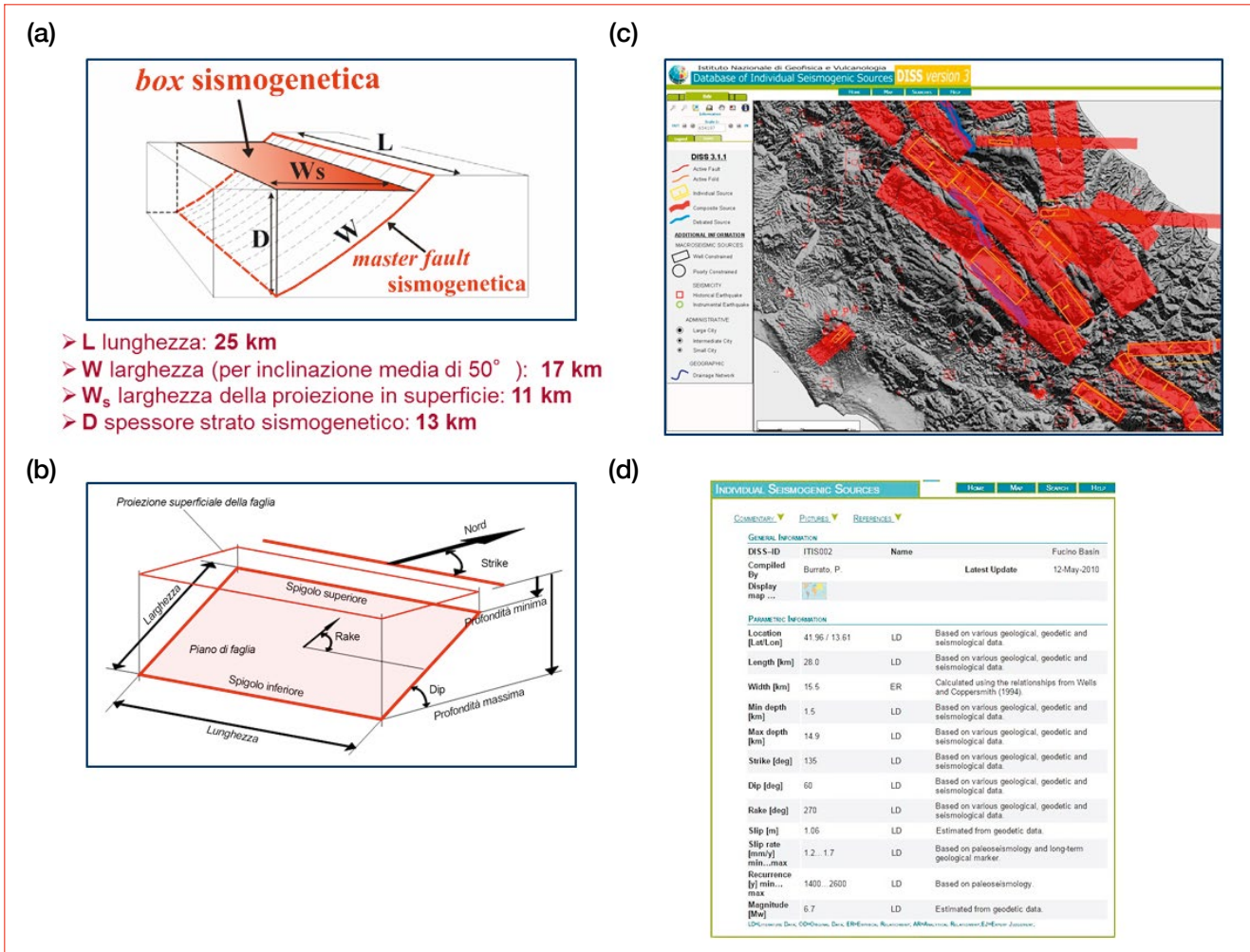
Il catastrofico terremoto della Marsica del 1915 si è generato lungo la Faglia del Fucino, una struttura tettonica

(Figura 3c-d; DISS Working Group, 2010) lunga circa 28 km e larga circa 16 km posta lungo il versante montuoso che borda ad Est il bacino fucense ed in grado di generare forti terremoti (M 6.5-7.0) con periodo di ritorno nell’ordine del migliaio di anni (1400-2600 anni).

L’individuazione delle sorgenti sismogenetiche e la loro parametrizzazione in termini geometrici e cinematici è un fondamentale elemento per la stima della pericolosità sismica del territorio.

Per sorgente sismogenetica si intende una struttura geologica, ovvero una faglia, in grado di generare terremoti. Una modellazione tridimensionale di queste sorgenti (Boncio *et al.*, 2004) è ottenuta integrando dati geologici superficiali, sismologici e geologico-geofisici profondi. Le singole sorgenti sono parametrizzate in termini di caratteristiche geometriche (Figura 3a), di cinematico, di spessore dello strato sismogenetico, di continuità spaziale delle strutture e di livelli massimi della pericolosità sismica associati alle singole sorgenti, quest’ultima rappresentata dalla magnitudo del massimo terremoto atteso.

Ai fini del calcolo della pericolosità sismica, oltre alla modellazione tridimensionale precedentemente descritta, risulta di fondamentale importanza la stima della ricorrenza dei terremoti di una determinata classe di magnitudo che la sorgente è in grado di generare. Tali informazioni sono state elaborate e organizzate nel Database



**FIGURA 3** (a) Blocco-diagramma esemplificativo di sorgente sismogenetica e parametri geometrici della sorgente “Fucino”; (b) Rappresentazione schematica delle Sorgenti Sismogenetiche Individuali; (c) sorgenti sismogenetiche dell’Italia centrale, (d) parametri per la sorgente ITIS002 “Fucino Basin”  
 Fonte: a) Boncio et al., 2004 modificato; b) Basili et al., 2008 modificato; c) e d) DISS Working Group, 2010

of Individual Seismogenic Sources (DISS Working Group, 2010; Basili et al., 2008) realizzato dall’Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (INGV) e in cui le sorgenti sismogenetiche sono classificate in tre categorie:

i) Sorgenti Individuali, definite sulla base di dati geologici e geofisici sono caratterizzate mediante parametri geometrici, cinematici e sismologici, per le quali si presume una ricorrenza periodica del-

le dimensioni dei piani di rottura, della quantità di spostamento per evento sismico e della magnitudo attesa;

ii) Sorgenti Composite, dedotte sulla base di dati geologici e geofisici, per le quali le dimensioni delle possibili aree di rottura sono scarsamente definite o sconosciute; tali sorgenti non sono quindi considerate capaci di generate terremoti di specifica magni-

tudo, ma il loro potenziale sismogenetico può essere valutato sulla base dei cataloghi sismici disponibili;

iii) Sorgenti Dibattute, rappresentate da faglie attive indicate in letteratura come sorgenti sismogenetiche potenziali ma la cui affidabilità non è ritenuta sufficiente per la loro immissione nel database.

Dalla interrogazione del DISS, è possibile ottenere un quadro esplicativo dei processi sismogenetici attivi in Italia (Figura 3c per l'Appennino centrale) e dei loro parametri descrittivi (Figura 3d per la sorgente sismogenetica individuale "Fucino Basin") di fondamentale importanza per una corretta valutazione della pericolosità sismica del territorio nazionale.

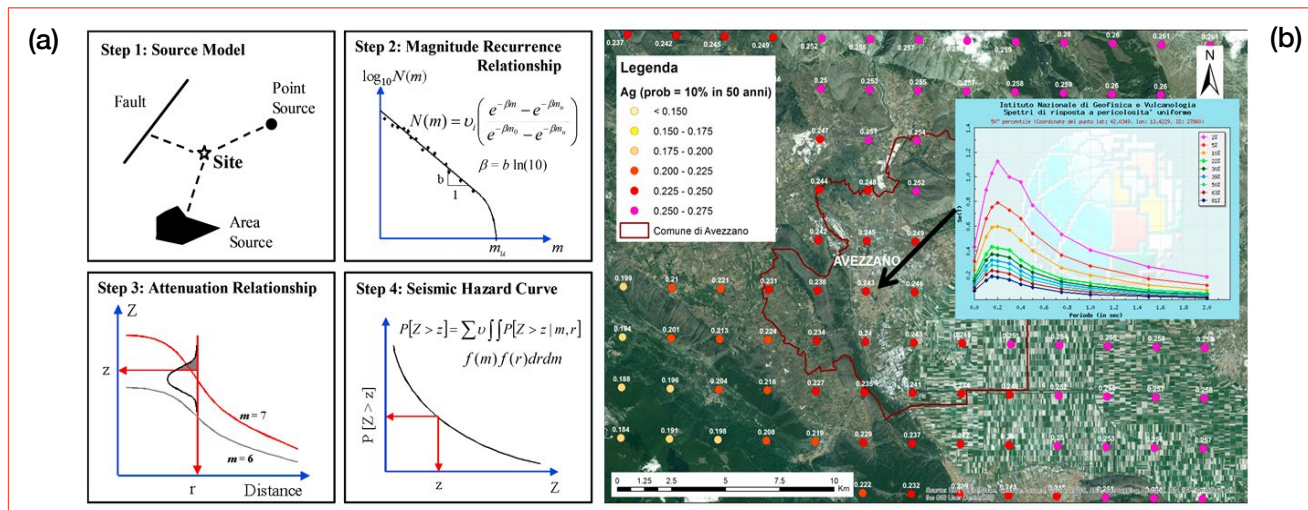
### Stime di pericolosità sismica

La pericolosità sismica è una stima dell'entità dello scuotimento sismico atteso in un sito in un determinato periodo di tempo. La valutazione della pericolosità sismica di riferimento sul territorio italiano si basa su un approccio probabilistico (Probabilistic Seismic Hazard Assessment o Analysis-PSHA) che consiste nella stima della probabilità che si verifichi un livello di scuotimento sismico maggiore di un assegnato valore, entro un dato periodo di tempo. Il livello di scuotimento può essere espresso mediante diversi parametri. In genere la classificazione sismica e le norme tecniche per le costruzioni fanno ri-

ferimento all'accelerazione orizzontale massima su suolo rigido (PGA, *peak ground acceleration*) che, essendo un parametro sintetico, è utile ai fini della classificazione del territorio ma non è rappresentativo dell'energia rilasciata né degli effetti sulle costruzioni (Bongiovanni *et al.*, 2012). La pericolosità sismica del territorio italiano è anche espressa mediante valori dello spettro di risposta elastico in accelerazione al 5% di smorzamento (Se) in funzione del periodo espresso in secondi (Figura 4b). Tale parametro è rappresentativo dello scuotimento risentito da una particolare classe di edifici, caratterizzati da un determinato periodo proprio di vibrazione, a seguito di terremoto. L'approccio probabilistico, introdotto alla fine degli anni 60 (Cornell, 1968), risulta particolarmente utile per la capacità di incorporare le incertezze associate alla stima dello scuotimento sismico.

In maggior dettaglio, la PSHA utilizza i dati disponibili per:

1. delimitare e caratterizzare geometricamente le sorgenti sismogenetiche;
2. caratterizzare le sorgenti in termini di ricorrenza dei terremoti, ovvero del numero atteso di eventi in un anno per ciascun intervallo di magnitudo;
3. definire un modello di attenuazione dell'energia sismica, e pertanto dello scuotimento, con la distanza dalla sorgente (Figura 4a).



**FIGURA 4** (a) Procedura di calcolo probabilistico della pericolosità sismica; (b) Valori delle accelerazioni di picco ( $A_g$ ) e spettri di risposta a probabilità uniforme (UHS) calcolati per l'area di Avezzano con tempo di ritorno 475 anni  
 Fonte: a) Reiter 1990; b) INGV

Infine, assumendo un modello statistico delle “comparsa sismiche” è possibile ottenere stime del valore del parametro descrittivo dello scuotimento, PGA o Se, che ha una assegnata probabilità di essere superato al sito in un dato intervallo di tempo o, equivalentemente, che ha un assegnato tempo medio di ritorno; interpolando i risultati ottenuti per più siti, si possono ricavare le mappe di pericolosità, come quelle di riferimento per l’attuale normativa. In particolare, l’area fucense è caratterizzata da valori di pericolosità sismica tra i maggiori dell’intero territorio nazionale, in termini di PGA, infatti, i valori sono di circa 0.25 g per una probabilità di superamento pari al 10% in 50 anni (Figura 4b).

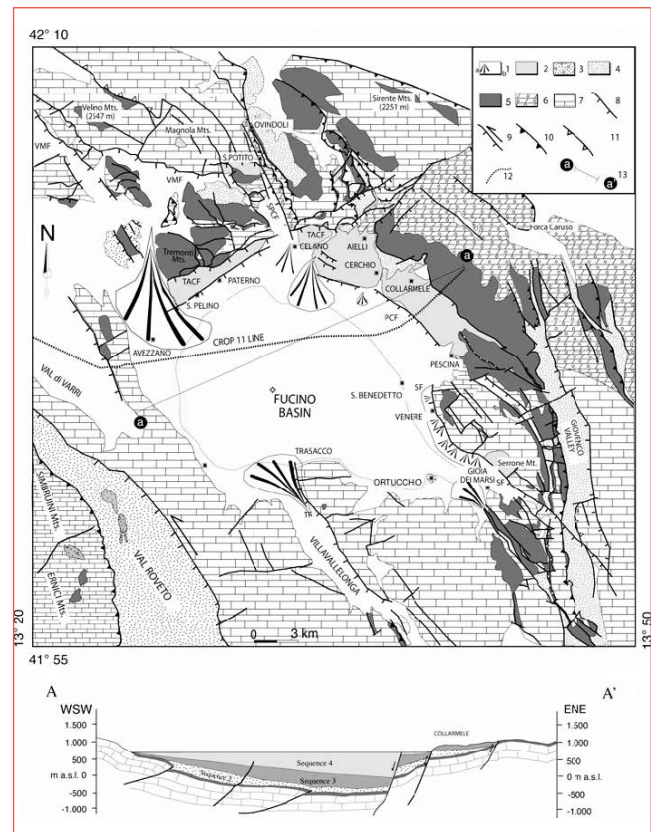
I risultati dell’analisi probabilistica sono sempre relativi al cosiddetto “suolo rigido”, ossia non tengono conto di come il moto sismico in superficie possa essere modificato, in termini di ampiezza, durata e contenuto in frequenza, rispetto a quello in profondità o su roccia (bedrock), a causa delle condizioni geologiche e geomorfologiche locali.

### Pericolosità sismica locale

Il documento “Indirizzi e criteri per la Micozonazione Sismica” (Gruppo di lavoro MS, 2008), redatto da un gruppo di esperti sotto il coordinamento del Dipartimento della Protezione Civile ed approvato dalla Conferenza delle Regioni e delle Province autonome, definisce la pericolosità sismica locale come la “componente della pericolosità sismica dovuta alle caratteristiche locali”, ove per caratteristiche locali si intendono i caratteri geologici, geomorfologici, geotecnici e geofisici del sito esaminato. Lo studio di tali caratteri permette di definire le amplificazioni locali e la possibilità di accadimento di fenomeni di instabilità del terreno. Il prodotto più importante di questo genere di studi è la carta di microzonazione sismica.

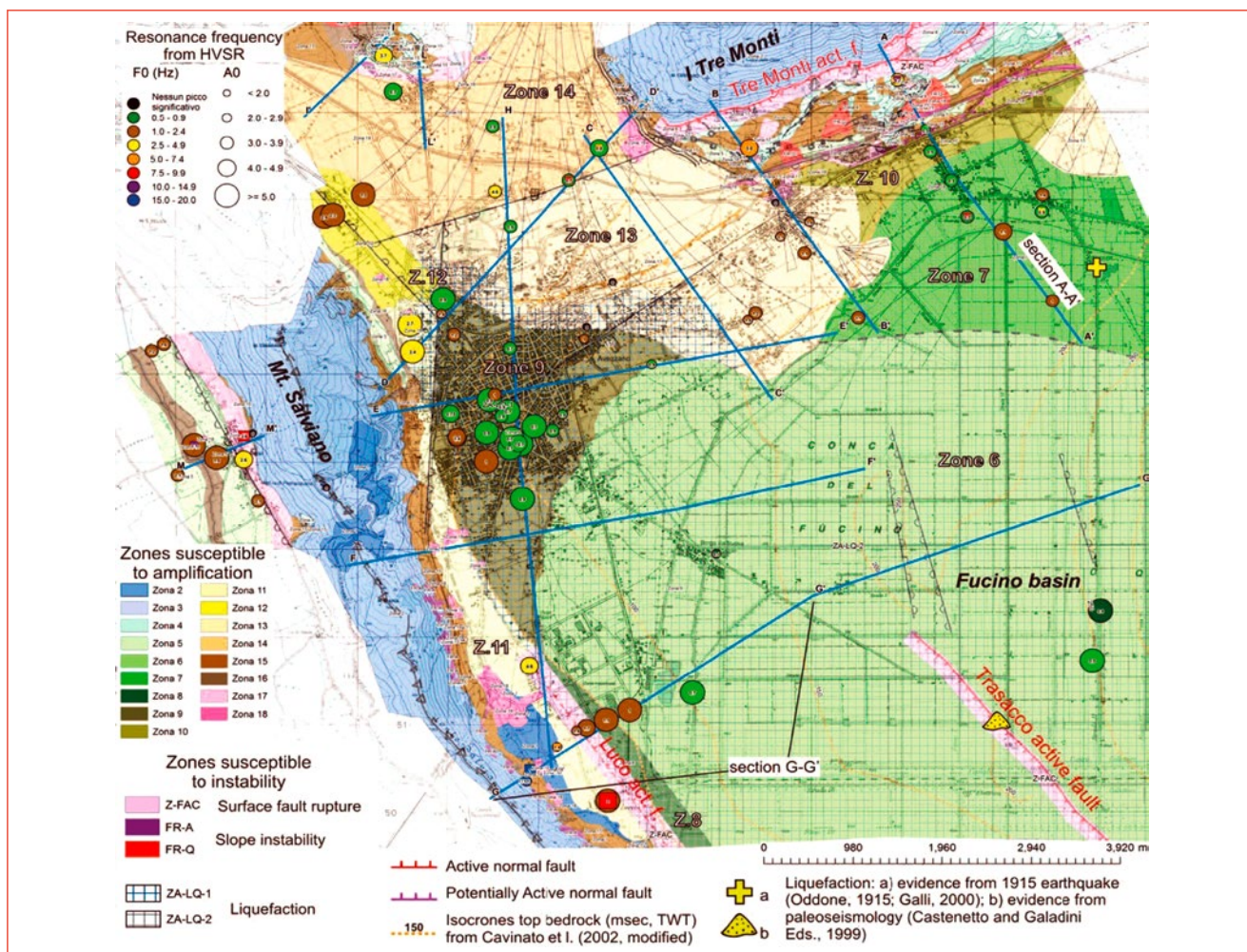
Un gruppo di lavoro costituito da università, enti di ricerca e liberi professionisti (coordinamento Prof. Boncio, Univ. G. D’Annunzio Chieti-Pescara) sta svolgendo lo studio di Microzonazione Sismica del territorio di Avezzano. Nell’ambito di tale studio, si è giunti alla definizione di un modello geologico di dettaglio dell’area fucense (Figura 5). Il bacino del Fucino è una zona topograficamente depressa, localizzata nell’Appennino centrale, che si è formata per l’attività di due principali sistemi di faglie posti ai margini Nord ed Est del bacino stesso, in corrispondenza delle dorsali montuose

di Tre Monti e del Serrone. Il territorio si caratterizza per l’affioramento di depositi quaternari, di tipo prevalentemente lacustre al centro del bacino e di conoide alluvionale e di versante lungo i margini, sovrapposti alle rocce carbonatiche meso-cenozoiche costituenti il *bedrock* sismico, assimilabile al suolo rigido di riferimento citato nel paragrafo precedente (Figura 5).



**FIGURA 5** Carta e sezione geologica dell’area fucense

**LEGENDA:** (1) conoidi alluvionali recenti (a); depositi lacustri e fluviali (Pleistocene Sup.–Olocene) (b); (2) depositi alluvionali e lacustri antichi (Pliocene–Pleistocene Sup.); (3) conglomerati (Messiniano Sup.); (4) flysch (Messiniano Inf.); (5) calcari (Paleogene–Miocene Medio); (6) calcari (Cretaceo Sup.–Giurassico Medio); (7) calcari (Eocene–Cretaceo Inf.); (8) faglia normale; (9) faglia transensiva; (10) sovrascorrimento; (11) retroscorrimento; (12) linea sismica CROP11; (13) traccia di sezione geologica  
Fonte: Cavinato et al. 2002, modificato



**FIGURA 6** Carta delle Microzone Omogenee in Prospettiva Sismica dallo studio di MS di Livello 1 per il Comune di Avezzano  
 Fonte: Boncio et al. 2015

Una ricerca di Cara *et al.* (2011), finalizzata alla caratterizzazione sismica del bacino del Fucino e condotta mediante monitoraggio sismico del bacino stesso, ha evidenziato l'occorrenza di effetti di amplificazione del moto sismico in superficie alle basse frequenze ( $< 1.0$  Hz) nella parte centrale e sud-orientale del bacino, in conseguenza della presenza di elevati spessori (fino a 600 m) di depositi "soffici" sovrapposti al *bedrock* sismico. Lo studio di Microzonazione Sismica ha inoltre evidenziato come il territorio fucense sia potenzialmente soggetto a fenomeni sismo-indotti, quali la liquefazione

dei terreni sabbiosi, la fagliazione superficiale e l'instabilità dei versanti montuosi che bordano il bacino, che concorrono ad aumentare la pericolosità sismica dell'area (Figura 6; Boncio *et al.*, 2015).

## Conclusioni

Il terremoto della Marsica del 1915 rappresenta una delle maggiori catastrofi che ha colpito il territorio italiano in epoca storica. L'elevato numero di vittime

ed il danneggiamento diffuso sono stati il risultato di diversi fattori. In primo luogo la combinazione tra l'elevata pericolosità sismica di base, data la vicinanza dei centri abitati colpiti dall'evento alla faglia sismogenetica del Fucino, e l'elevata vulnerabilità degli edifici dell'epoca. A ciò si deve assommare il contributo, in termini di pericolosità sismica locale, degli effetti di sito, che sono principalmente responsabili dell'aumento dell'ampiezza e della durata dello scuotimento sismico atteso, legati alla configurazione geologico-strutturale del bacino del Fucino ed alle caratteristiche meccaniche dei terreni e delle rocce ivi presenti, nonché degli effetti sismo-indotti (lique-

fazione del terreno, frane e fagliazione superficiale) potenzialmente in grado di colpire l'ambiente costruito e naturale.

La realizzazione di ricerche volte alla stima accurata della pericolosità di base e di studi di dettaglio finalizzati alla zonazione del territorio in termini di omogeneità nella risposta sismica, quali gli studi di MS, si rivelano essere strumenti indispensabili per la mitigazione del rischio associato ai terremoti. ●

**Gabriele Scarascia Mugnozza**  
Università di Roma "Sapienza"

**Salomon Hailemikael, Guido Martini**  
ENEA, Laboratorio ingegneria sismica e prevenzione dei rischi naturali

## abstract

### The earthquake of January 13, 1915 and the seismic hazard of the area

*The January 13, 1915, magnitude 7.0 Marsica Earthquake devastated the Fucino basin and surroundings, causing about 30,000 casualties and entirely destroying several towns, among which the major municipality of the area, the town of Avezzano. In this paper, we briefly review the main characteristics of the earthquake and its effects on the environment. Furthermore, based on the Italian building code and ongoing seismic microzonation investigations, we describe the seismic hazard of the area struck by the earthquake in terms of both probabilistic seismic hazard assessment and contribution of site effects on the seismic hazard estimate. All the studies confirm the very high level of seismic hazard of the Fucino territory.*

## bibliografia

- Basili R., Valensise G., Vannoli P., Burrato P., Fracassi U., Mariano S., Tiberti M.M., Boschi E. (2008), "The Database of Individual Seismogenic Sources (DISS), version 3: summarizing 20 years of research on Italy's earthquake geology". \, doi:10.1016/j.tecto.2007.04.014
- Boncio P., Lavecchia G. e Pace B. (2004), "Defining a model of 3D seismogenic sources for Seismic Hazard Assessment applications: The case of central Apennines (Italy)". *Journal of Seismology* **8**: 407-425
- Bianchi Fasani G., Cavinato G.P., Petitta M., Scarascia Mugnozza G., Voltaggio M. (2008). "The geological model of Celano town area for seismic microzonation activities". *Soil Dynamics and Earthquake Engineering* **28**(12): 978-985
- Boncio P., Milana G., Cara F., Di Giulio G., Di Naccio D., Famiani D., Galadini F., Rosatelli G., Vassallo M. (2015). "Local seismic hazard from detailed geologic investigations: the Avezzano town in the epicentral area of the M7, 1915 earthquake (Fucino basin, central Italy)". *6th International INQUA Meeting on Paleoseismology, Active Tectonics and Archaeoseismology*. 19-24 April 2015, Pescara, Fucino Basin, Italy
- Bongiovanni G., Buffarini G., Clemente P., Saitta F. (2012). "Building in seismic areas: towards a new prevention policy". *15th World Conf. on Earth. Eng., 15WCEE*, (Lisbon, 24-28 Sept.), Paper No. 0672
- Cara F., Di Giulio G., Cavinato G. P., Famiani D., Milana G. (2011). "Seismic characterization and monitoring of Fucino Basin (Central Italy)". *Bull. Earthquake Eng.* **9**: 1961-1985
- Cardarelli E., Cercato M., De Nardis R., Di Filippo G., Milana G. (2008). "Geophysical investigations for seismic zonation in municipal areas with complex geology: The case study of Celano, Italy". *Soil Dynamics and Earthquake Engineering* **28**(12): 950-963
- Castenetto S. e Galadini F. (a cura di, 1999). "13 gennaio 1915. Il terremoto nella Marsica", *Agenzia di Protezione Civile – Servizio Sismico Nazionale, Istituto Poligrafico e Zecca dello Stato*, Roma, 789 pp
- Cavasino A. (1935). "I terremoti d'Italia nel trentacinquennio 1899-1933", *Memorie del Regio Ufficio Centrale di Meteorologia e Geofisica*, s. III, appendice al vol. 4



- Cornell C.A. (1968). "Engineering seismic risk analysis", *Bull. Seism. Soc. Am.*, **58**(5): 1583-1606
- DISS Working Group (2010). "Database of Individual Seismogenic Sources (DISS), Version 3.1.1: A compilation of potential sources for earthquakes larger than M 5.5 in Italy and surrounding areas". <http://diss.rm.ingv.it/diss/>, © INGV 2010 - Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia - All rights reserved; DOI:10.6092/INGV.IT-DISS3.1.1
- Fortunato C., Martino S., Prestininzi A., Romeo R.W., coauthors Fantini A., Sanandrea P. (2012). "New release of the Italian catalogue of earthquake-induced ground failures (CEDIT)". *Italian Journal of Engineering Geology and Environment*, DOI: 10.4408/IJEGE.2012-02.O-05
- Gruppo di lavoro MS (2008). "Indirizzi e criteri per la microzonazione sismica". *Conferenza delle Regioni e delle Province autonome - Dipartimento della protezione civile*, Roma, 3 vol. e Dvd
- Martinelli G. (1915). "Prime osservazioni sul terremoto italiano del 13 gennaio 1915". *Boll. Soc. Sismol. It.*, **18**: 377-395
- Oddone E. (1915). "Gli elementi fisici del grande terremoto marsicano-fucense del 13 gennaio 1915". *Boll. Soc. Sismol. It.*, **19**: 71-216
- Pergalani F., Compagnoni M., Petrini V. (2008). "Evaluation of site effects using numerical analyses in Celano (Italy) finalized to seismic risk assessment". *Soil Dynamics and Earthquake Engineering* **28**(12): 964-977
- Reiter L. (1990). *Earthquake Hazard Analysis: Issues and Insight*, Columbia University Press, New York
- Rovida A., Camassi R., Gasperini P., Stucchi M. (a cura di, 2011). "CPTI11, la versione 2011 del Catalogo Parametrico dei Terremoti Italiani". Milano, Bologna, <http://emidius.mi.ingv.it/CPTI>, DOI: 10.6092/INGV.IT-CPTI11
- Wells D.L. e Coppersmith, K.J. (1994). "New empirical relationships among magnitude, rupture length, rupture width, rupture area, and surface displacement". *Bull. Seismol. Soc. Am.* **84**: 974-1002