

1.2 Terremoti storici e pericolosità sismica dell'area aquilana

M. Stucchi¹, C. Meletti², A. Rovida¹, V. D'Amico², A.A. Gomez Capera¹ ■

1.2.1 Introduzione

La zona dell'Aquila è stata sede in passato di numerosi terremoti forti, a volte devastanti, che vengono richiamati nel paragrafo 2. La città dell'Aquila presenta una storia sismica particolarmente consistente (Fig. 1) che testimonia la familiarità dell'area con i danni prodotti dai terremoti; tra i più importanti ci sono quelli riferiti al terremoto del 2 febbraio 1703, verificatosi solo tre settimane dopo l'evento del 14 gennaio 1703 che distrusse la zona di Norcia e danneggiò anche l'Aquilano. In figura 1 sono riportate anche le storie sismiche di Onna, Castelnuovo e Sulmona.

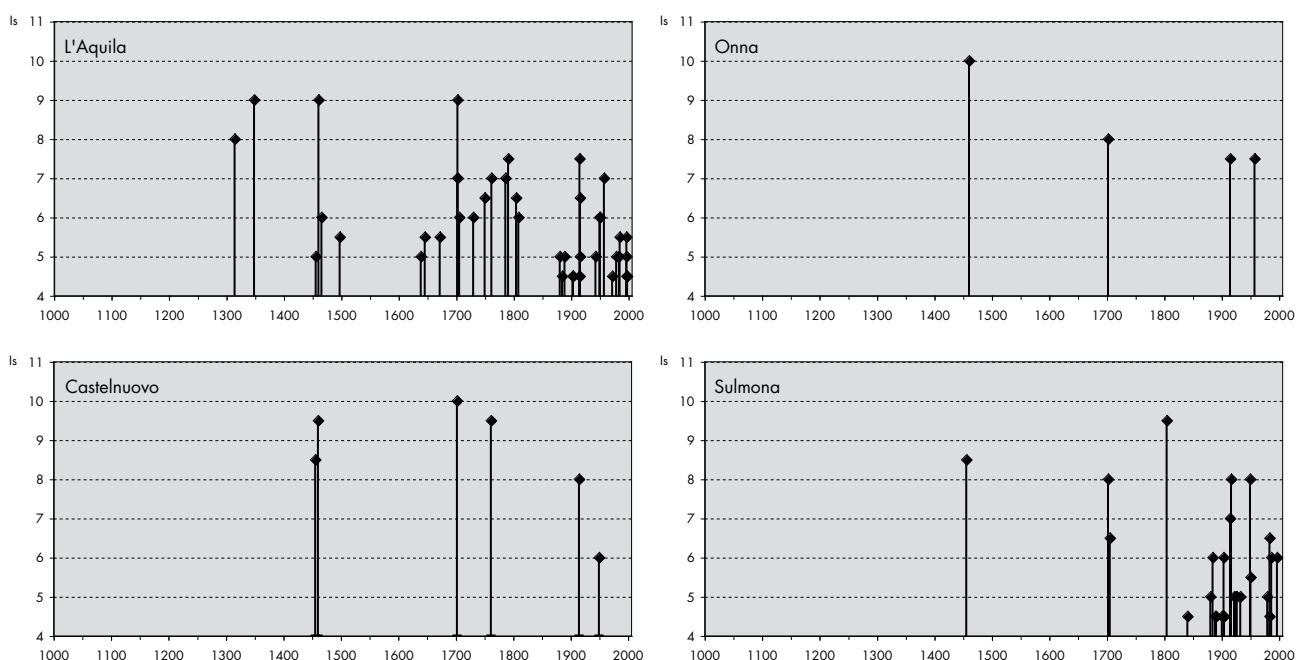
Il comune dell'Aquila venne definito sismico sin dal terremoto del 1915 del Fucino. Nel 1927 furono introdotte le classi (ovvero zone) sismiche e l'area dell'Aquila venne posta in classe 2, come quasi tutti i comuni dell'area. Altri 10 comuni della provincia furono classificati solo dopo il 1962; 4 di questi in seguito al terremoto del 1958. Nel 2003 l'Ordinanza PCM 3274/2003 aggiornò l'assegnazione dei comuni alle zone sismiche. Per tutta la provincia dell'Aquila venne confermata la classificazione precedente, con l'eccezione di 6 comuni (Barete, Cagnano Amiterno, Capitignano, Montereale, Pizzoli, Tornimparte) che passarono in zona 1.

Nell'aprile 2004 l'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia completò la redazione di una mappa di pericolosità sismica (MPS04; <http://zonesismiche.mi.ingv.it>), elaborata secondo i criteri proposti dall'Ordinanza PCM 3274/2003. Secondo questo studio tutta la zona colpita dal terremoto del 6 aprile, compreso il comune dell'Aquila, appartiene alla zona sismogenetica 923 e ricade nella fascia ad alta pericolosità sismica, caratterizzata da valori di accelerazione attesa con una probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni appena al di sopra di 0.25g, tra i più elevati in Italia (Fig. 2).

Ulteriori parametri di pericolosità sismica vennero proposti dal progetto INGV-DPC 2004-2006 "S1 - Proseguimento della assistenza al DPC per il completamento e la gestione della mappa di pericolosità sismica prevista dall'Ordinanza PCM 3274/2003 e progettazione di ulteriori sviluppi" (<http://esse1.mi.ingv.it>).

Nel seguito viene brevemente descritta la sismicità storica dell'area. Vengono inoltre riproposti e analizzati gli elementi con cui la citata indagine di pericolosità sismica è stata effettuata, relativamente all'area Aquilana. In particolare viene mostrato che il terremoto del 6 aprile 2009 rientra pienamente nel quadro sismogenetico

Fig. 1
Storie sismiche de L'Aquila, Onna, Castelnuovo e Sulmona (da Stucchi et al., 2007).



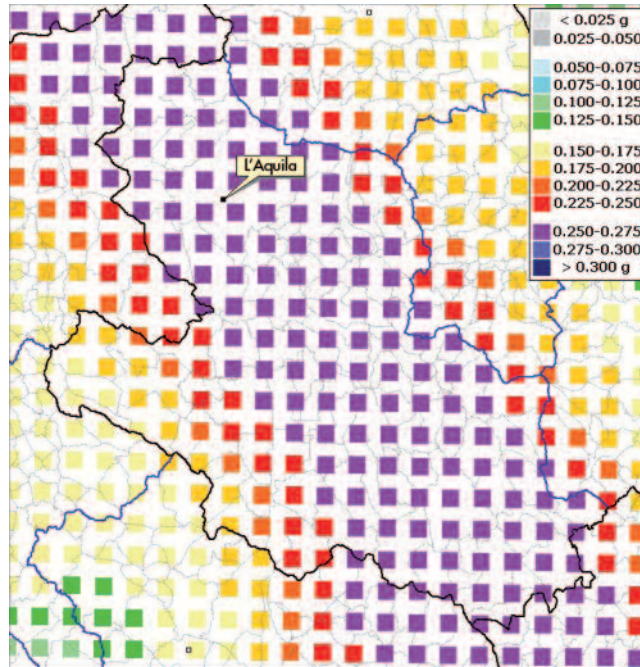
¹ INGV - Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia, Milano. www.ingv.it

² INGV - Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia, Pisa. www.ingv.it

ipotizzato per la citata indagine di pericolosità sismica. Viene infine analizzata la cronologia della classificazione sismica in Italia e viene mostrato come gli spettri previsti dalla nuova normativa sismica (NTC 2008), che si basano sui

risultati del citato progetto INGV-DPC 2004-2006 S1, siano di fatto simili a quelle previsti per la zona 2 dell'Ordinanza PCM 3274/2003, in vigore fino allo scorso giugno.

Fig. 2
Valori di accelerazione attesa con una probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni nella provincia dell'Aquila (GdL MPS, 2004).



1.2.2 Terremoti storici e parametri macrosismici dell'evento del 2009

Come già accennato, la zona dell'Aquila è stata sede di numerosi terremoti e la storia sismica della città (Fig. 1) è fra le più consistenti fra quelle italiane a partire dal 1300. L'Aquila è stata pesantemente danneggiata (intensità MCS 8 o 9) in occasione dei terremoti del 1315, 1349, 1461 e 1703. Successivamente è stata danneggiata in misura inferiore, anche se con una certa frequenza.

Del terremoto del 1315 si conosce poco, anche se la fonte storica riporta che furono danneggiati "castelli dell'Aquilano". Il terremoto del 1349 è abbastanza complesso; a volte viene interpretato come un evento multiplo, determinato dalla attivazione contemporanea di molte sorgenti. L'evento del 1461 si segnala come un potenziale "gemello" di quello del 6 aprile 2009, in quanto si hanno notizie di distruzioni a Onna, Poggio Picenze, Castelnuovo e alla stessa L'Aquila, in modo analogo all'evento del 2009. Va segnalato che pochi anni prima il grande terremoto del 1456, anch'esso a volte interpretato come risultato di più eventi contemporanei, aveva prodotto danni fino a Navelli e Castelnuovo. Se queste informazioni sono esatte, si deve pensare che l'evento del 1461 abbia col-

pito una zona la cui edilizia era già provata; è quindi possibile che questo terremoto sia in parte sovrastimato.

Il terremoto meglio documentato è quello del 1703. Dopo essere stata colpita, sia pure in modo non grave ($I = 7$ MCS), dalla forte scossa del 14 gennaio che distrusse la zona di Norcia e che fu risentita, addirittura con qualche danno, a Roma, la città dell'Aquila fu nuovamente colpita il 2 febbraio da un forte evento, che provocò notevoli distruzioni. Anche in questo caso gli effetti del secondo terremoto si sovrapposero a quelli del primo e le descrizioni relative non consentono ovviamente di suddividere gli effetti dei due eventi in modo ragionevole. Pur avendo la sensazione che gli effetti del terremoto del 2 febbraio possano essere sovrastimati, possiamo comunque affermare che si trattò di un evento molto forte, percepito a grande distanza, (al limite della soglia di danno a Roma). A questi eventi fece seguito quello del 1706, che colpì l'area di Sulmona/Maiella, già parzialmente danneggiata, e aggravò i danni anche nell'Aquilano, in parte non ancora riparati.

Nel 1762 si verificò un evento conosciuto con scarso dettaglio, che sembra localizzato anch'esso nella zona dell'evento del 2009 in quanto produsse danni ingenti di nuovo a Castel-

nuovo e Poggio Pienze, e danni lievi all'Aquila. Nell'800 non si riscontrarono eventi forti. Nel '900 la zona fu colpita in modo significativo dal terremoto del 1915 del Fucino; successivamente, dalla sequenza di terremoti del 1950 e 1951, localizzati attorno al Gran Sasso, e del 1958, ancora una volta localizzato nell'area di Onna e Bazzano, sia pure con magnitudo non elevata (5.2) e intensità massime di 7-8 MCS.

Il quadro tettonico che determina il potenziale sismogenetico dell'area è descritto in questo volume nel contributo di Galadini et al. In figura 3 gli epicentri dei terremoti descritti in precedenza sono presentati assieme alle principali faglie attive.

In figura 4 sono presentati i dati puntuali di intensità relativi ai terremoti più forti, limitatamente ai valori di $I \geq 8$ MCS che delineano

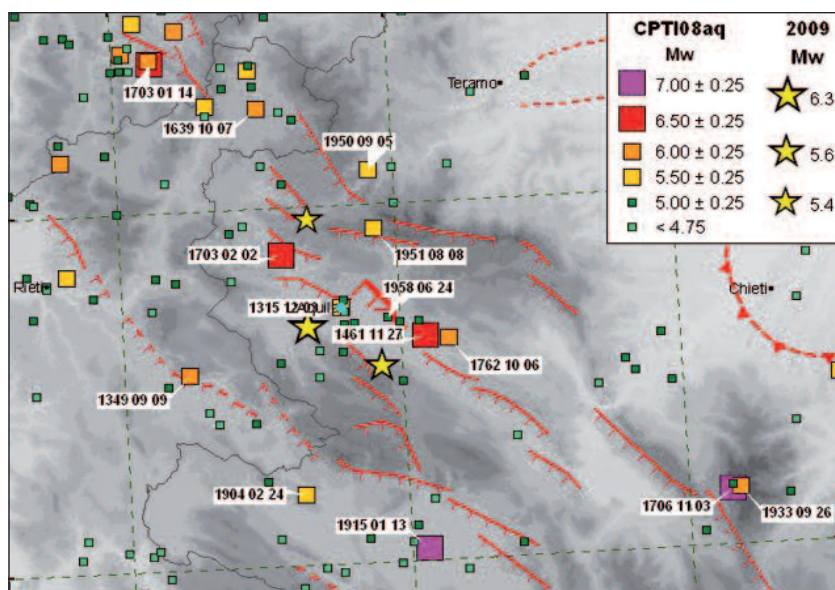


Fig. 3
Sismicità dell'area dell'aquilano da CPTI08aq (Rovida et al., 2009) e principali faglie attive (da Galadini e Galli, 2000; Boncio et al., 2004; Galadini e Messina, 2004).

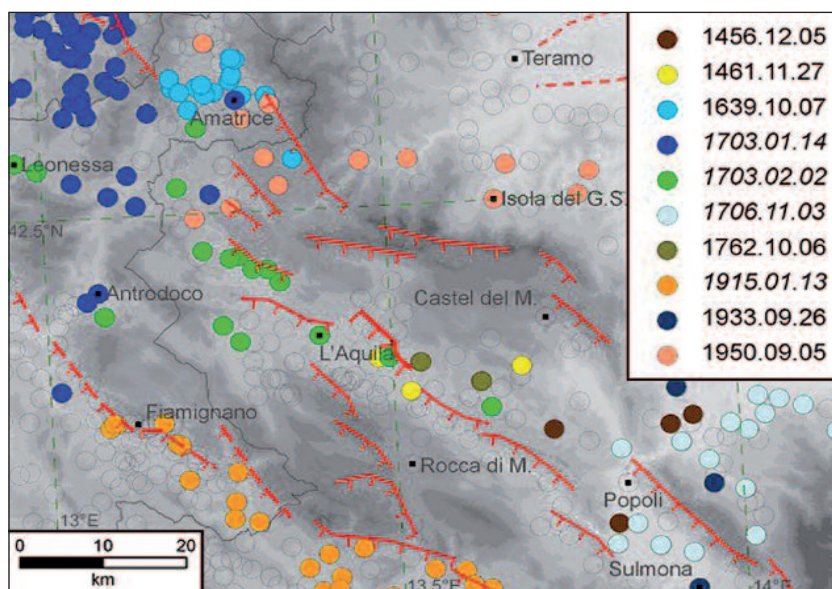


Fig. 4
Intensità ≥ 8 MCS a partire dal 1400 (≥ 9 per i terremoti del 1703, 1706 e 1915) risentite nell'aquilano a confronto con le principali faglie attive (da Galadini e Galli, 2000; Boncio et al., 2004; Galadini e Messina, 2004) dell'area.

l'area più colpita. Questa rappresentazione evidenzia, assieme alla precedente, come vi siano segmenti di faglie attive che non sono associate ad alcun terremoto storico.

Per quanto riguarda l'evento del 2009 (Fig. 5), il valore di M_w calcolato con il metodo Boxer (Gasperini et al., 1999) a partire dai dati macro-

sismici (Galli e Camassi, 2009), è di 5.96 ± 0.10 . Questa stima è stata ottenuta considerando la distribuzione "finale" dei danni che consta di 316 punti di intensità. In precedenza, usando la distribuzione dei danni rilevati nella prima settimana dopo l'evento, era stato ottenuto un valore di M_w analogo, cosa che testimonia il fatto che, a diffe-

renza di altri casi, l'apporto delle repliche al danno complessivo non è stato rilevante.

Il valore $M_w = 6.0$ è abbastanza inferiore a quello strumentale (6.3); corrisponde a una lunghezza della box sismogenetica di 12.6 ± 1.6 km, in buon accordo con le stime geologiche (vedi, Galadini et al. in questo volume). L'azimut della faglia sismogenetica, idealizzata come una box, $N124^\circ \pm 17^\circ$, coincide anch'esso in buona misura con la direzione della sorgente determinata dalle osservazioni strumentali, geologiche e geodetiche.

Anche le coordinate dell'epicentro macrosismico sono state calcolate con il metodo Boxer, che utilizza i sei dati di intensità maggiori ($I = 9-10$ MCS, Onna e Castelnuevo; $I = 9$ MCS, San Gre-

gorio, Sant'Eusanio Forconese, Tempera e Villa Sant'Angelo). Come si vede dalla figura 5 l'epicentro, che si colloca nella parte centrale dell'area di maggior danneggiamento, risulta abbastanza lontano (circa 15 km) da quello strumentale dell'evento del 6 aprile. Le ragioni di questa divergenza non sembrano riconducibili a condizioni locali dei siti più danneggiati; in effetti la sola intensità a Castelnuevo appare anomala rispetto al contesto, ma è noto (vedi Fig. 1) che Castelnuevo ha spesso riportato danni più elevati rispetto alle località circostanti. Rimuovendo Castelnuevo dalla distribuzione dei punti di intensità si ottiene l'epicentro contrassegnato da un triangolo nero (Fig. 5). In definitiva l'epicentro calcolato da Boxer deve essere con-

Fig. 5
Distribuzione delle intensità e parametri macrosismici del terremoto del 6 aprile 2009. La box e il suo azimut sono rappresentati con l'incertezza associata. Il triangolo nero indica l'epicentro ottenuto escludendo il dato di intensità di Castelnuevo.

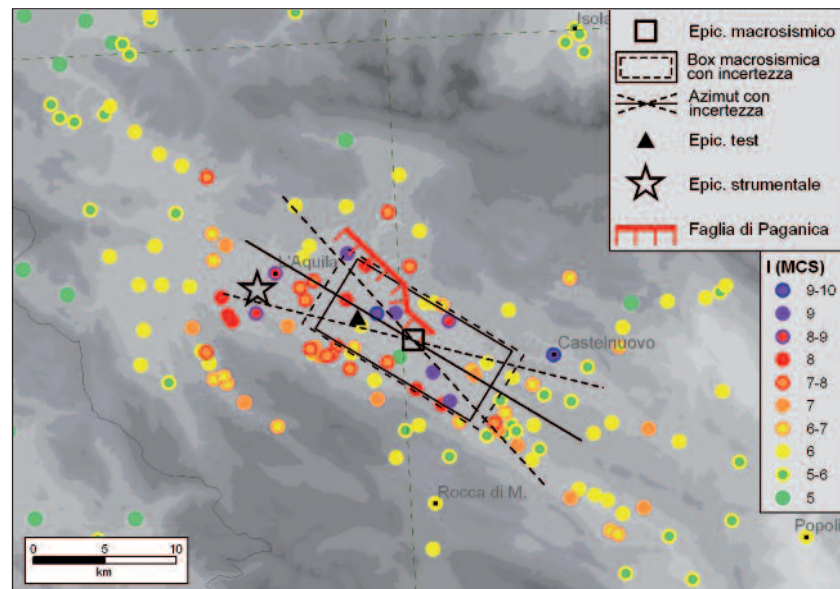
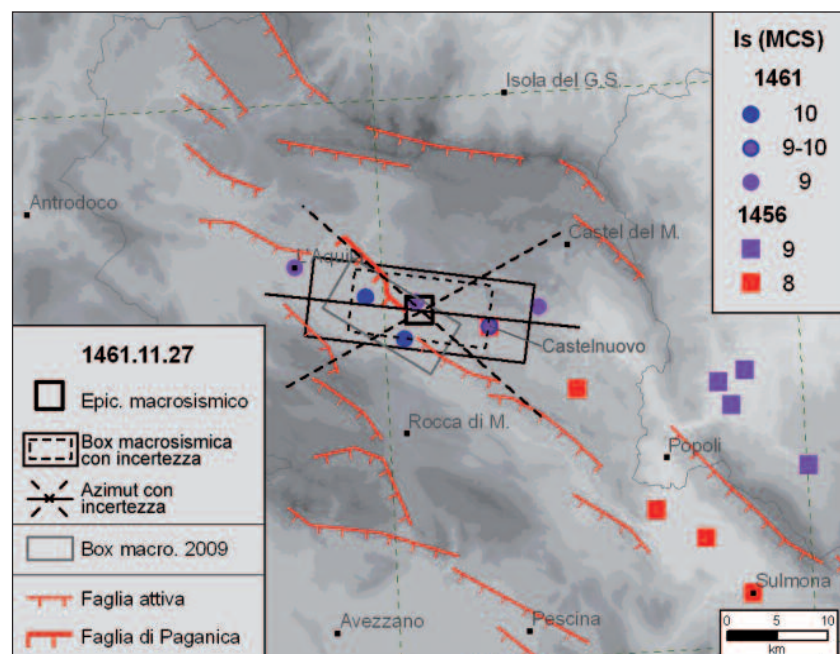


Fig. 6
Distribuzione delle intensità dei terremoti del 27 novembre 1461 (cerchi) e del 5 dicembre 1456 (quadrati). Sono anche rappresentati i parametri macrosismici del terremoto del 1461 con le incertezze associate, a confronto con la box macrosismica del terremoto del 6 aprile 2009 e con le strutture attive dell'area.



siderato sufficientemente stabile; la ragione principale della divergenza fra epicentro strumentale e macrosismico va quindi ricercata nella direttività della processo di rottura, messa in evidenza anche da Messina et al (2009).

Questo caso, molto ben documentato, serve a chiarire ulteriormente il valore e la cautela con la quale i parametri dei terremoti storici vanno considerati. Ad esempio, il terremoto del 1461, possibile "gemello" di quello del 6 aprile, presenta un valore $M_w = 6.41 \pm 0.34$ (Rovida et al., 2009), cui corrisponde una lunghezza della box sismogenetica di circa 22

km, riducibile a 14 in considerazione della possibilità che il valore di M_w sia sovrastimato, come sostenuto più sopra (Fig. 6). Presenta inoltre un azimuth di $N100^\circ \pm 35.1$ e un epicentro non molto lontano da quello dell'evento del 6 aprile 2009. La distribuzione del danneggiamento può essere teoricamente riferita sia a un epicentro e a un processo di rottura analoghi a quelli dell'evento del 6 aprile, sia alla rottura di un segmento di faglia più meridionale rispetto a quello attuale. Non disponendo di dati strumentali, non è possibile decidere fra una di queste due opzioni.

1.2.3 La pericolosità sismica secondo MPS04

Il terremoto del 6 aprile 2009 è avvenuto all'interno della ZS 923 della zonazione sismogenetica ZS9 (Meletti et al. 2008), utilizzata per la compilazione della mappa di pericolosità sismica MPS04 (GdL MPS, 2004).

L'intera fascia che dalla Lunigiana arriva fino al confine Abruzzo-Molise (Fig. 7) corrisponde al settore più interno della catena appenninica, interessato da importanti faglie primarie e relative sorgenti sismogenetiche. Tali faglie, nel settore che si estende dall'Umbria centrale fino a tutto l'Abruzzo, immergono verso SW (Galadini et al., 2001; Valensise e Pantosti, 2001). Questa lunga fascia è stata suddivisa in tre zone (915, 919 e 923) che includono le sorgenti sismogenetiche responsabili dei terremoti di più elevata magnitudo che hanno caratterizzato l'arco appenninico settentrionale e centrale. Tali sorgenti hanno in genere espressioni superficiali che consentono la

caratterizzazione e la quantificazione degli aspetti cinematici mediante i tradizionali approcci geomorfologici e paleosismologici. La suddivisione di tale fascia in tre zone è stata dettata da osservazioni prevalentemente di tipo sismologico. Nella zona più meridionale (923, a sud dell'area del terremoto del 1997) sono presenti le sorgenti più estese ed i terremoti con magnitudo più elevata; in questa zona ricade anche il terremoto di Sora del 1654 per il quale le indagini geologiche di superficie non sono ancora state in grado di definire sorgenti sismogenetiche.

Le principali caratteristiche di questa ZS secondo Meletti et al., 2008 sono:

- a) profondità media, derivata da dati strumentali e consistente con informazioni geologiche, compresa tra 8 e 12 km;
- b) meccanismo di fagliazione prevalente, nei terremoti di maggiore energia, normale, consistente con il modello sismotettonico di

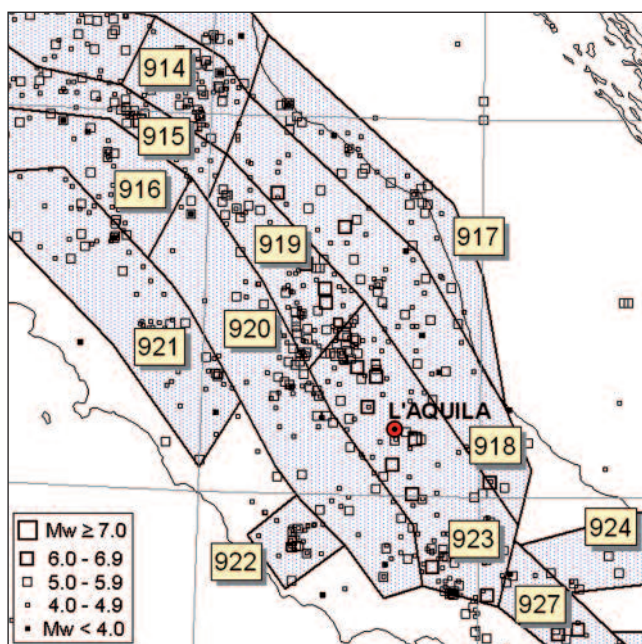


Fig. 7
Zone sorgente dell'Appennino centrale (Meletti et al., 2008).

- riferimento (Meletti et al., 2008);
- c) M_{max} attesa: 7.00, secondo stime sismologiche, da CPTI04, con periodo di ritorno di circa 700 anni; 6.7 su basi tettoniche, da DISS 2.0 (Valensise e Pantosti, 2001);
 - d) Valore del parametro b della relazione G-R, 1.05.

Le evidenze del terremoto del 6 aprile 2009 (<http://portale.ingv.it/primo-piano/archivio-primo-piano/notizie-2009/terremoto-6-aprile/localizzazione-del-terremoto-del-6-aprile-aggiornata>) sono in accordo con queste caratteristiche. In particolare, per quanto riguarda i punti a) e b) si osserva che la profondità dell'evento è circa 9.5 km e che il meccanismo di fagliazione è normale (<http://portale.ingv.it/primo-piano/archivio-primo-piano/notizie-2009/terremoto-6-aprile/meccanismi-focali>).

Per quanto riguarda la frequenza di occorrenza dei terremoti, si può innanzitutto osservare che MPS04 considera il catalogo CPTI04 completo per la ZS 923 al di sopra di $M_w 6.3$ a partire dal 1300. La storia sismica della ZS 923 è presentata in figura 8. I ratei utilizzati da MPS04 sono presentati in figura 9.

A partire dal 1300 e fino al 2002 (ultimo anno del catalogo CPTI04) si sono verificati 11 eventi di magnitudo uguale o superiore a 6, il maggiore dei quali è l'evento del 13 gennaio 1915 ($M_w 6.99$); tre di questi sono avvenuti a breve distanza spaziale e temporale (i due eventi del 1703 e quello del 1706). Il rateo di sismicità per eventi con $M \geq 6$ è dunque di 1.49 in 100 anni, che corrisponde a un intervallo di ricorrenza di circa 67 anni.

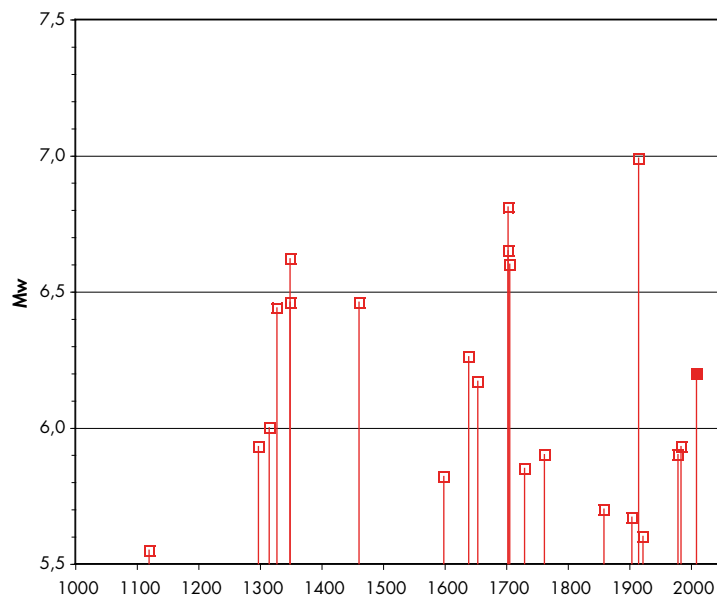
In sostanza il terremoto del 6 aprile rientra perfettamente nel quadro della sismicità di questa area e non rappresenta pertanto un caso eccezionale. Per quanto riguarda l'influenza dei ratei di sismicità sui valori di pericolosità sismica di questa area, è stato condotto un test di stabilità riproducendo il calcolo dopo aver preso in considerazione l'evento del 6 aprile, aggiungendolo ai ratei della zona sorgente 923. I risultati ottenuti indicano che l'accelerazione di picco attesa all'Aquila con una probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni subisce un incremento di poco superiore all'1%, cioè ben inferiore rispetto all'incertezza della stima di MPS04, definita come differenza tra valore mediano e 16mo o 84mo percentile, pari al 9%.

Inoltre, a seguito del terremoto del 6 aprile, il gruppo di lavoro CPTI ha accelerato la pubblicazione di una nuova release del catalogo, limitata all'Italia Centrale, estesa al 2006 e definita CPTI08aq (Rovida et al., 2009).

A titolo di verifica, nella figura 10 sono rappresentati i tassi di sismicità ottenuti con questo nuovo catalogo che, per la zona 923, contiene 12 terremoti con $M_w \geq 6.0$ a partire dal 1300 (Fig. 11). Considerando gli intervalli di completezza del catalogo, si ottiene un rateo di eventi con $M_w \geq 6$ in 100 anni di 1.12, corrispondente all'incirca a un periodo di ritorno di 89 anni. In sostanza, i tassi di sismicità per i terremoti con $M \geq 6.0$ non cambiano molto.

Nemmeno ai fini della pericolosità sismica le cose cambiano molto: applicando i tassi mostrati in figura 10, si ottengono risultati non molto diversi dalla stima di MPS04: l'accelerazione attesa per il nodo de L'Aquila diminuisce del

Fig. 8
Distribuzione degli eventi
nella ZS923 secondo il
catalogo CPTI04 (Gruppo
di lavoro CPTI, 2004).
L'ultimo evento è quello del
6 aprile 2009.



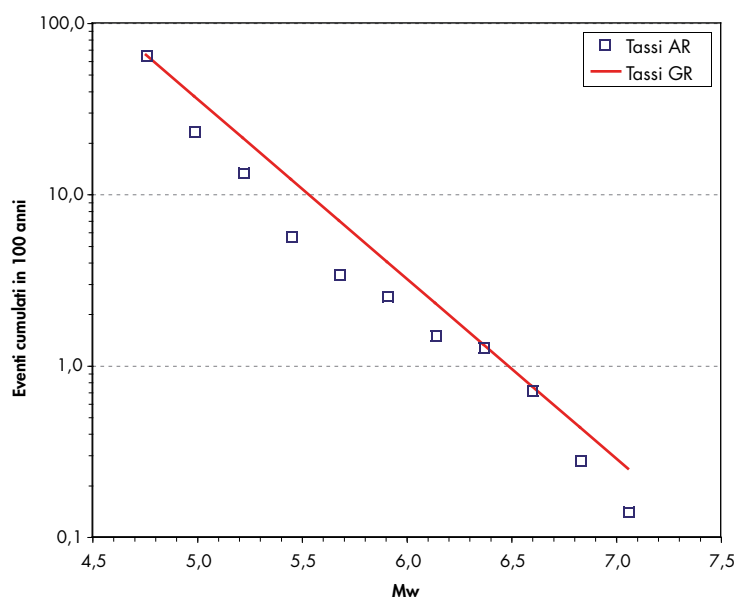


Fig. 9
Ratei di sismicità utilizzati in MPS04 per la ZS923 (GdL MPS04, 2004). I valori AR (Activity Rates) sono calcolati per ogni classe di magnitudo indipendentemente una dall'altra; i valori GR sono calcolati secondo la distribuzione di Gutenberg e Richter (1944).

2.5% per la mappa al 10%; diminuisce di meno dell'1% per la mappa al 2% in 50 anni.

Come descritto in GdL MPS (2004), le stime di pericolosità per l'Italia sono state ottenute utilizzando un approccio ad albero logico per valutare possibili opzioni alternative rispetto agli elementi di input. Le possibili combinazioni delle varie opzioni vengono esplorate ottenendo una stima di pericolosità per ogni combinazione; la stima finale è data dal valore pesato della mediana, mentre il valore del 16mo e dell'84mo percentile esprimono l'incertezza della stessa. Nella realizzazione di MPS04 sono state utilizzate 2 scelte alternative rispetto alla definizione degli intervalli di completezza del catalogo dei terremoti, 2 scelte alternative per quanto riguarda le modalità di calcolo dei tassi di sismicità, 4

scelte alternative per le relazioni di attenuazione del moto del suolo. Proprio su quest'ultimo aspetto si è concentrata l'attenzione della comunità scientifica internazionale in occasione di questo terremoto, in quanto sembra rappresentare un elemento di criticità: se infatti i caratteri del terremoto non sembrano influenzare le stime previste da MPS04, occorre viceversa osservare che l'evento del 6 aprile 2009 ha prodotto registrazioni strong motion a breve distanza dalla sorgente, a distanze cioè per le quali si hanno pochi dati e le relazioni di attenuazione sono spesso estrapolate. Questo costituisce un elemento di novità che potrà in futuro influenzare le nuove stime di pericolosità. Su questo aspetto si rimanda ai contributi di Crowley et al. e Pacor et al. contenuti in questo volume.

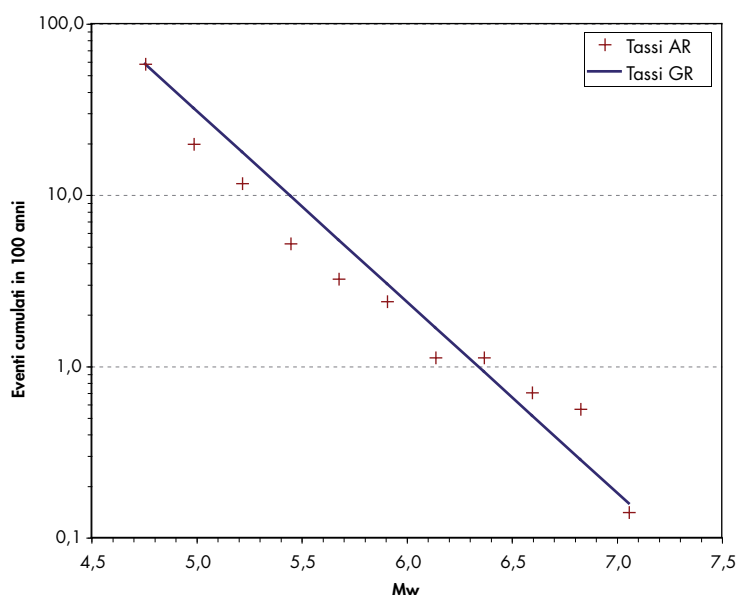


Fig. 10
Ratei di sismicità per la ZS923 ottenuti utilizzando il catalogo CPTI08aq. I valori AR (Activity Rates) sono calcolati per ogni classe di magnitudo indipendentemente una dall'altra; i valori GR sono calcolati secondo la distribuzione definita da Gutenberg e Richter (1944).

Fig. 11
Distribuzione dei terremoti
nella ZS923 secondo il
catalogo CPTI08aq
(Rovida et al., 2009).

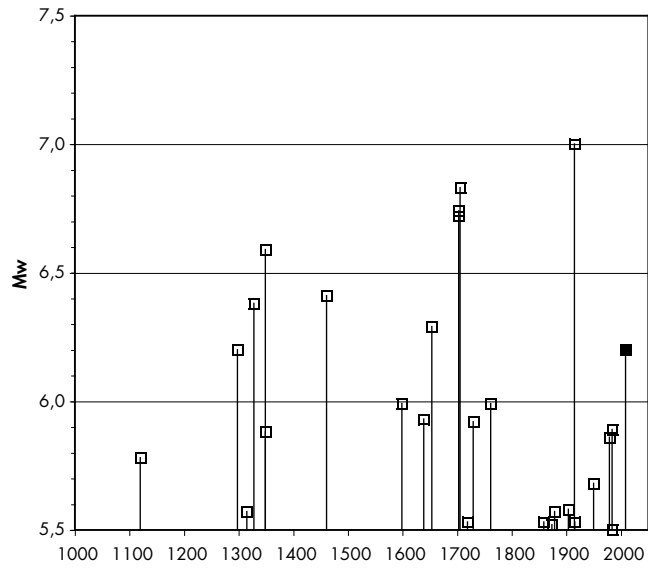


Fig. 12
Disaggregazione della
stima di hazard al 10% in
50 anni
(<http://esse1.mi.ingv.it>). In
percentuale viene espresso
il contributo delle sorgenti
poste intorno alla città del-
l'Aquila al valore di accele-
razione atteso.

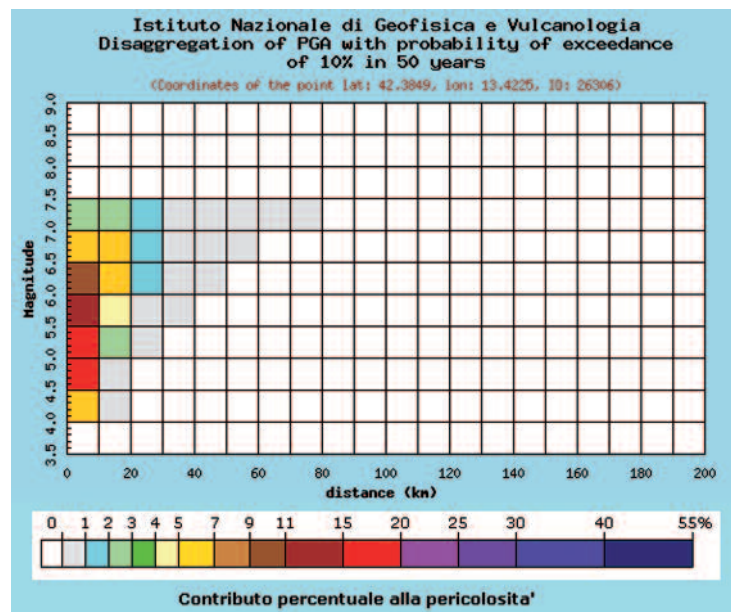
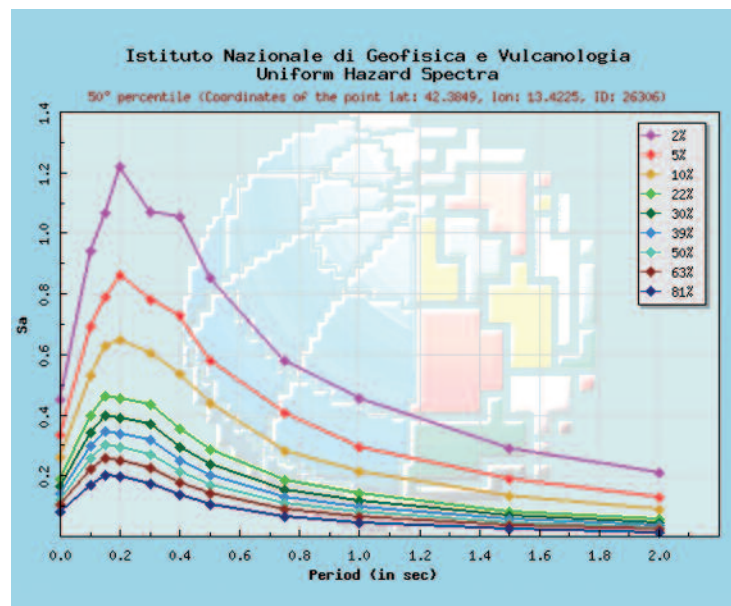


Fig. 13
Spettri a pericolosità uni-
forme per la città dell'Aquila
e diverse probabilità di
eccedenza in 50 anni.
Questi dati sono stati utiliz-
zati per definire lo spettro di
riferimento nelle nuove
Norme Tecniche per le
Costruzioni (NTC08) entrate
definitivamente in vigore il
1° luglio 2009 (si veda più
avanti).



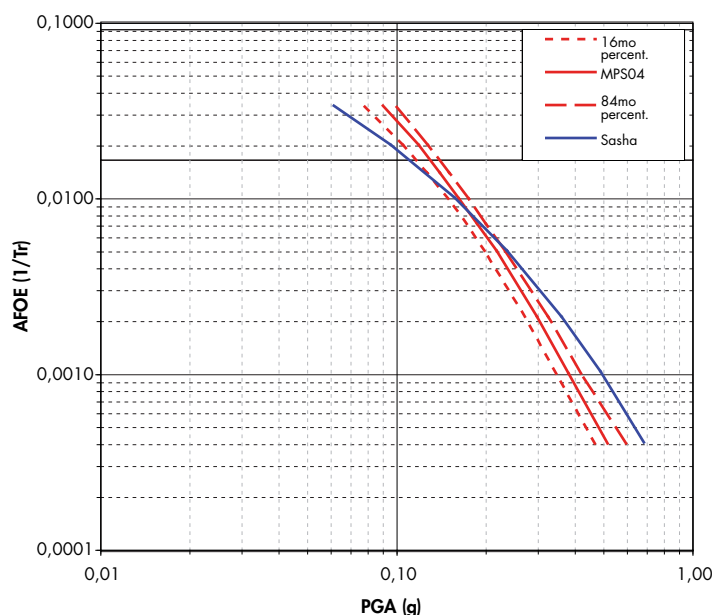


Fig. 14
Curve di hazard per un sito prossimo alla città dell'Aquila rideterminate per suolo di tipo B e confronto con la stima ottenuta con il metodo SASHA (D'Amico e Albarello, 2008).

Le figure successive mostrano in dettaglio altri parametri di pericolosità sismica calcolati nell'ambito del progetto INGV-DPC S1 (<http://esse1.mi.ingv.it>) per questa area e in particolare per la città dell'Aquila. La figura 12 mostra la disaggregazione per la città dell'Aquila della stima di PGA con il 10% di probabilità di eccedenza in 50 anni, corrispondente ad un periodo di ritorno di 475 anni. Il grafico è una elaborazione che mostra il contributo delle sorgenti sismogenetiche alla pericolosità sismica di un certo sito: le sorgenti vengono discretizzate per intervalli di spazio e magnitudo. Si nota che il contributo maggiore in percentuale è dato da sorgenti fino a 10 km di distanza con Mw tra 4.5 e 6.5; in generale circa il 75% della pericolosità sismica deriva da sorgenti prossime al sito, come quella del terremoto del 6 aprile 2009.

La figura 13 mostra gli spettri a pericolosità uniforme per l'Aquila per diverse probabilità di eccedenza in 50 anni.

La figura 14 presenta, per un nodo della griglia di riferimento posto presso la città dell'Aquila, la curva di hazard, vale a dire i valori di PGA attesa stimati per diversi periodi di ritorno (riportati in ordinate con il loro inverso, ovvero la frequenza annuale di superamento – AFOE). Si osserva che per periodi di ritorno lunghi (probabilità di accadimento basse) le stime arrivano fino a quasi 0.5g. Le curve del 16mo e 84mo percentile esprimono l'incertezza della stima. Le curve di hazard del Progetto S1 (<http://esse1.mi.ingv.it>) sono stimate per suolo roccioso; a queste è stato applicato il coefficiente previsto da NTC 2008 per considerare la risposta di un suolo di tipo B, quale sembra essere il substrato della città dell'Aquila e come verificato per la stazione accelerometrica

più prossima al centro città.

A titolo di verifica è stato poi effettuato un confronto con le stime di pericolosità prodotte a partire da dati di intensità utilizzando un approccio differente, cosiddetto di sito, sviluppato da Albarello e Mucciarelli (2002) e implementato da D'Amico e Albarello (2008) nel codice di calcolo SASHA. Questo approccio compie la stima per ogni sito sulla base della propria storia sismica, senza utilizzare alcun modello di zone sorgente. Per ogni sito la storia sismica viene costruita utilizzando i dati dei risentimenti osservati o, in mancanza di questi, con gli effetti attesi, determinati applicando agli epicentri del catalogo dei terremoti una relazione di attenuazione. Con questo approccio si definiscono le probabilità di eccedenza per ogni valore di intensità; le stime possono poi essere convertite in termini di accelerazione mediante una relazione di conversione intensità/PGA.

Nella stessa figura 14 è riportata la curva di hazard ricavata con il citato approccio di sito (D'Amico e Albarello, 2008) utilizzando la storia sismica da DBMI04 (Stucchi et al., 2007) e convertendo in PGA le stime ottenute da SASHA, utilizzando la relazione intensità/PGA di Faccioli e Cauzzi (2006). Nonostante i due approcci di stima della pericolosità siano concettualmente differenti e utilizzino relazioni di attenuazione relative a parametri diversi dello scuotimento (PGA o intensità), tenuto conto anche delle notevoli incertezze relative alla conversione intensità/PGA, le stime ottenute con l'approccio di sito non si discostano in maniera sostanziale da quelle di MPS04. Le due stime, infatti, differiscono al massimo del 15% (l'11% per 475 anni), con la sola eccezione della stima a 30 anni (21%), e ciò rappresenta un elemento di verifica aggiuntiva.

1.2.4 Zone sismiche, Norme Tecniche e conclusioni

Come anticipato nella introduzione, il comune dell'Aquila fu classificato come sismico sin dal terremoto del 1915 del Fucino. Nel 1927 furono introdotte le classi (ovvero zone) sismiche e l'area dell'Aquila posta in classe 2, come quasi tutti i comuni dell'area. Altri 10 comuni della provincia furono classificati solo dopo il 1962; 4 di questi in seguito al terremoto del 1958 (Fig. 15).

In seguito al terremoto di Irpinia e Basilicata del 1980, nel 1984 tutto il territorio nazionale fu riclassificato con criteri omogenei sulla base della "Proposta di riclassificazione sismica" del Progetto Finalizzato Geodinamica (CNR-PFG, 1980). Per l'area aquilana fu confermata la classificazione sismica precedente: le aree colpite dai terremoti del 1915 e del 1933 erano in zona 1, le altre in zona 2 (Fig. 16).

L'Ordinanza PCM 3274/2003 aggiornò l'assegnazione dei comuni alle zone sismiche, combinando la classificazione del 1984 con la "Proposta 1998" (Fig. 17). Per tutta la provincia dell'Aquila venne confermata la classificazione

precedente, con l'eccezione dei 6 comuni già citati (Barete, Cagnano Amiterno, Capitignano, Montereale, Pizzoli, Tornimparte) che passarono in zona 1. La Regione Abruzzo (DGR n. 438 del 29/3/2003) recepì le assegnazioni dell'Ordinanza senza modificarle (Fig. 18). Infine, secondo MPS04 tutta la zona colpita dal terremoto del 6 aprile, compreso il Comune dell'Aquila, si trova al limite fra la zona 2 e la zona 1 ad alta pericolosità sismica (Fig. 2). Pertanto, potrebbe essere assegnata per intero alla zona 1.

Di recente le nuove Norme Tecniche per le Costruzioni (Decreto 14/01/2008 del Ministero delle Infrastrutture; Gazzetta Ufficiale n. 29 del 04/02/2008), entrate finalmente in vigore il 1° luglio 2009, hanno introdotto una filosofia diversa. Gli spettri di progetto per le nuove costruzioni, infatti, vengono determinati punto per punto sulla base delle stime prodotta nell'ambito del progetto S1 (<http://es1.mi.ingv.it>). Per qualsiasi sito nel quale si voglia progettare una nuova struttura, lo spettro di risposta elastica si costruisce a partire da coefficienti ottenuti interpo-

Fig. 15
Data di prima classifica-
zione dei comuni aquilani.

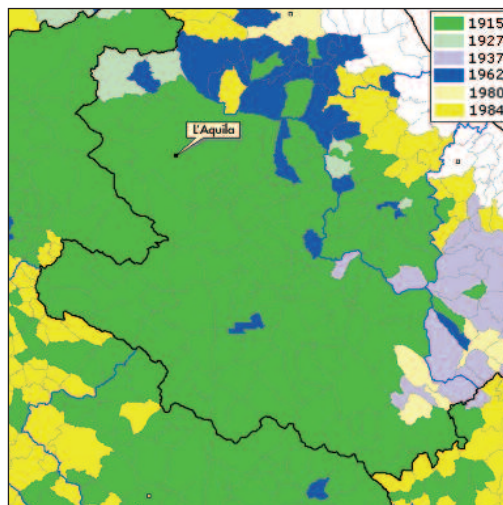


Fig. 16
Classificazione sismica
vigente dal 1984.

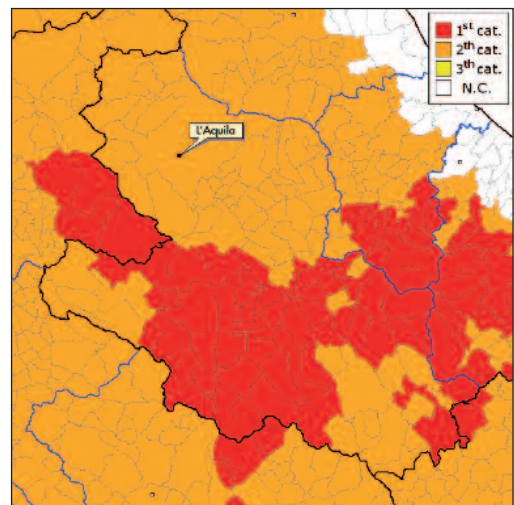


Fig. 17
Proposta di riclassificazione
del Gruppo di Lavoro
1998.

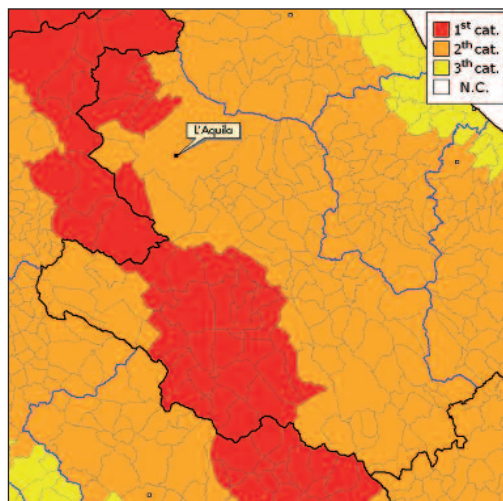
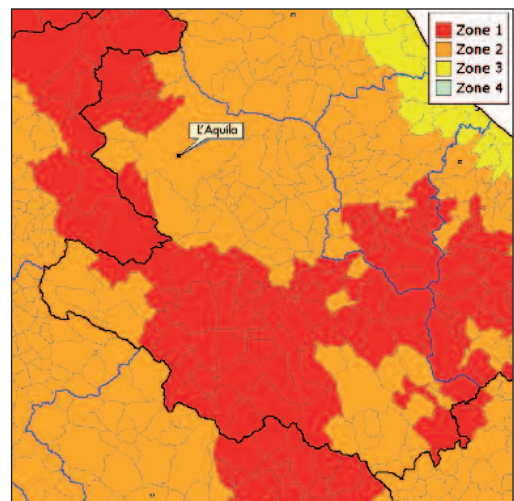


Fig. 18
Zone sismiche aggiornate
dall'OPCM 3274/2003 e
recepìte dalle Regioni.



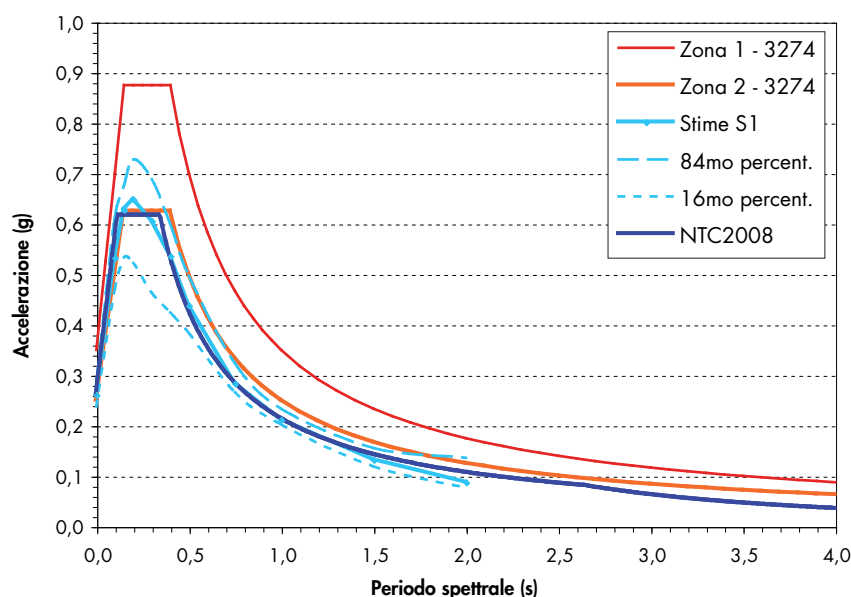


Fig. 19
Confronto tra gli spettri definiti per le zone sismiche 1 e 2 secondo la normativa precedente e quello previsto per l'Aquila da NTC 2008 (determinato sulla base della stima del progetto S1). Tutti gli spettri sono riferiti a suolo roccioso di tipo A.

lando i valori di pericolosità sismica dei 4 nodi circostanti (della griglia di calcolo usata da INGV per le stime) e applicando dei coefficienti correttivi che tengono in considerazione il tipo di suolo e le condizioni topografiche.

Nella figura 19 viene presentato per la città dell'Aquila un confronto fra gli spettri relativi alla prima e alla seconda categoria sismica, così come previsti dalla normativa in vigore fino al 30 giugno 2009, e lo spettro previsto dalla nuova normativa tecnica (NTC, 2008) determinato sulla base della stima del progetto S1. Come si può vedere, lo spettro attuale è più simile a quello della seconda categoria dell'Ordinanza OPCM 3274/2003 che non a quello della omologa prima categoria.

In conclusione, le analisi proposte in questo

lavoro confermano che la zona colpita dall'evento del 6 aprile 2009 era, ed è, fortemente sismica e ad alta pericolosità sismica. Il terremoto del 6 aprile rientra nelle caratteristiche sismogenetiche previste dagli elaborati di pericolosità sismica (MPS04 e risultati del progetto INGV-DPC S1) utilizzati per aggiornare l'assegnazione dei comuni alle zone sismiche e per definire gli spettri della nuova normativa sismica. Infine, il problema della mancata assegnazione del comune dell'Aquila alla zona 1, sollevato in varie sedi, si rivela inconsistente in quanto lo spettro previsto dalla attuale normativa tecnica non è molto diverso da quello previsto dall'Ordinanza PCM 3274/2003 per la zona sismica 2, in vigore fino al giugno 2009.

Bibliografia

- Albarelli D., Mucciarelli M. (2002) - Seismic hazard estimates using ill-defined macroseismic data at site. *Pure App. Geophys.*, 159, 1289-1304.
- Boncio P., Lavecchia G., Pace B. (2004). Defining a model of 3D seismogenic sources for Seismic Hazard Assessment applications: The case of central Apennines (Italy), *J. Seismol.*, 8, 407-425, doi:10.1023/B:JOSE.0000038449.78801.05.
- CNR-PFG, 1980. Proposta di riclassificazione sismica del territorio nazionale. Pubbl. 361, ESA Editrice, Roma, 83 pp.
- D'Amico V., Albarelli D. (2008) - SASHA: A Computer Program to Assess Seismic Hazard from Intensity Data. *Seismol. Res. Lett.*, 79(5), 663-671.
- Faccioli E., Cauzzi C. (2006) - Macroseismic intensities for seismic scenarios estimated from instrumentally based correlations, *Proc. First European Conference on Earthquake Engineering and Seismology*, paper number 569.
- Galadini F., Galli P. (2000) - Active tectonics in the Central Apennines (Italy) - Input data for seismic hazard Assessment. *Nat. Haz.*, 22, 225-270.
- Galadini F., Meletti C., Vittori E. (2001) - Major active faults in Italy: available surficial data. *Netherlands J. Geosci.*, 80, 273-296.
- Galli P., Camassi R. (eds.) (2009) - Rapporto sugli effetti del terremoto aquilano del 6 aprile 2009, Rapporto congiunto DPC-INGV, 12 pp. Sito internet: http://portale.ingv.it/real-time-monitoring/quest/macrodef_sito.pdf.
- Gasperini P., Bernardini F., Valensise G., Boschi E. (1999) - Defining Seismogenic Sources from Historical Earthquakes Felt Reports, *Bull. Seism. Soc. Am.*, 89, 1, 94-110.
- Gruppo di Lavoro CPTI (2004) - Catalogo Parametrico dei Terremoti Italiani (CPTI04), INGV, Milano, <http://emidius.mi.ingv.it/CPTI04/>.
- Gruppo di Lavoro MPS (2004) - Redazione della mappa di pericolosità sismica prevista dall'Ordinanza PCM

- del 20 marzo 2003 n.3274 All. 1. Rapporto conclusivo per il Dipartimento della Protezione Civile, INGV, Milano-Roma, aprile 2004, 65 pp. + 5 allegati, <http://zonesismiche.mi.ingv.it/>.
- Gutenberg B., Richter C.F. (1944) - Frequency of earthquakes in California. *Bull. Seism. Soc. Am.*, 34, 185-188.
- Meletti C., Galadini F., Valensise G., Stucchi M., Basili R., Barba S., Vannucci G., Boschi E. (2008) - A seismic source model for the seismic hazard assessment of the Italian territory. *Tectonophysics*, 450(1), 85-108. DOI:10.1016/j.tecto.2008.01.003.
- Messina P., Galli P., Falcucci E., Galadini F., Giaccio B., Gori S., Peronace E., Sposato A. (2009) - Evoluzione geologica e tettonica quaternaria dell'area interessata dal terremoto aquilano del 2009. *Geolitalia* 28, 24-29.
- NTC (2008) - Norme Tecniche per le Costruzioni, D.M. 14 Gennaio 2008.
- Rovida A. e Gruppo di Lavoro CPTI (2009) - Catalogo Parametrico dei Terremoti Italiani, versione parziale "CPTI08aq". <http://emidius.mi.ingv.it/CPTI08>.
- Stucchi M., Camassi R., Rovida A., Locati M., Ercolani E., Meletti C., Migliavacca P., Bernardini F., Azzaro R. (2007) - DBMI04, il database delle osservazioni macrosismiche dei terremoti italiani utilizzate per la compilazione del catalogo parametrico CPTI04. <http://emidius.mi.ingv.it/DBMI04/>. *Quad. Geofis.*, 49, pp. 38.
- Valensise G., Pantosti D. (eds) (2001) - Database of Potential Sources for Earthquakes Larger than M 5.5 in Italy. *Ann. Geofis.*, vol. 44, Suppl. 1, with CD-ROM.