

Sequenza sismica del Centro Italia 2016-2017

Aggiornamento delle analisi interferometriche satellitari e modello preliminare di sorgente per gli eventi del 18/1/17

Per il gruppo di lavoro INGV/IREA-CNR hanno contribuito:

Christian Bignami, Cristiano Tolomei, Giuseppe Pezzo, Simone Atzori, Andrea Antonioli, Marco Polcari, Antonio Montuori, Elisa Trasatti, Salvatore Stramondo, Stefano Salvi - **INGV-CNT**, F. Guglielmino - **INGV-CT**

Manuela Bonano, Raffaele Castaldo, Francesco Casu, Claudio De Luca, Vincenzo De Novellis, Riccardo Lanari, Mariarosaria Manzo, Michele Manunta, Antonio Pepe, Susi Pepe, Giuseppe Solaro, Pietro Tizzani, Ivana Zinno - **IREA-CNR**

Chiediamo di citare questo rapporto come:

Gruppo di lavoro IREA-CNR & INGV, 2016 Sequenza sismica del Centro Italia 2016-2017: aggiornamento delle analisi InSAR e modello preliminare di sorgente per gli eventi del 18/1/17, DOI: 10.5281/zenodo.266966

Introduzione

Questo rapporto fornisce un aggiornamento delle analisi di interferometria SAR e della successiva modellazione della deformazione statica del suolo per i terremoti avvenuti nell'area di Montereale il 18/1/17. Ricordiamo che si tratta di 4 eventi di magnitudo momento 5.1, 5.5, 5.4, e 5.0 avvenuti tra le 09:25 e le 13:33 UTC a profondità variabili tra 8 e 10 km.

Si tratta di risultati in corso di evoluzione. Saranno analizzati ulteriori interferogrammi e di conseguenza il risultato della modellazione è da considerarsi preliminare.

Analisi dati satellitari

Per l'analisi delle deformazioni superficiali sono stati utilizzati, in prima battuta, dati SAR acquisiti dai sensori Sentinel-1 (in banda C) del programma Europeo Copernicus e ALOS-2 (in banda-L), questi ultimi forniti dell'Agenzia Spaziale Giapponese (JAXA) in forza di un accordo con ASI per lo scambio di dati utili alla gestione delle emergenze.

I satelliti Sentinel-1 coprono interamente l'area epicentrale con almeno tre passaggi (Track), di cui due ascendenti (Track 117 e 44) e uno discendente (Track 22), e con un campionamento temporale a 6 giorni. A causa delle condizioni ambientali avverse nell'area epicentrale, diversi interferogrammi Sentinel-1 sono molto rumorosi e non mostrano un evidente segnale nella fase interferometrica. Per quanto riguarda ALOS-2, invece, è disponibile un solo passaggio ascendente (Track 197), che ha permesso di generare una coppia interferometrica con l'unica acquisizione pre-evento compatibile risalente a novembre 2016.

In Tabella 1 sono riportate le coppie interferometriche che presentano un segnale di fase riconducibile a deformazione.

Tabella 1: Coppie interferometriche co-sismiche.

Sensore	Modalità	Coppia interferometrica	Lunghezza d'onda [cm]	Baseline perpendicolare [m]	Orbita	Track	Angolo d'incidenza medio [deg]
ALOS 2	StripMap	02112011-25012017	24.2	60	ASC	197	36.6
S1	IWS*	12012017-24012017	5.54	16	ASC	117	39
S1	IWS*	12012017-30012017	5.54	60	ASC	117	39

*IWS = Interferometric Wide Swath

In Figura 1 sono riportati due interferogrammi generati a partire dalle coppie individuate in Tabella 1 sfruttando la tecnica dell'Interferometria SAR Differenziale (DInSAR).

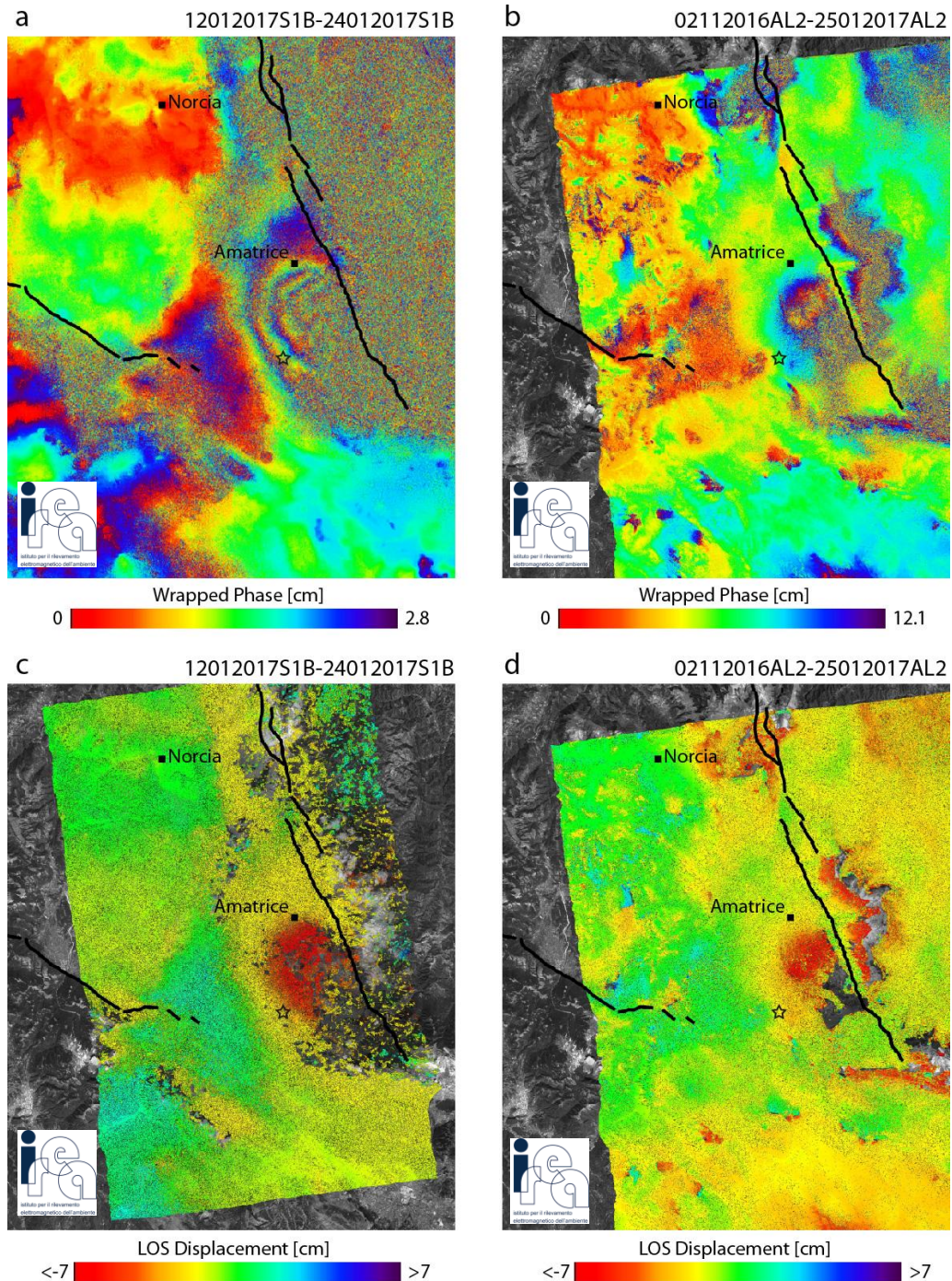


Figura 1 – a) Interferogramma co-sismico da dati radar Sentinel-1 relativo alla coppia 12012017-24012017 ascendente (Track 117). b) Interferogramma co-sismico da dati radar ALOS-2 relativo alla coppia 02112016-25012017 ascendente (Track 197). c) Mappa di deformazione co-sismica in LOS relativa all'interferogramma Sentinel-1 mostrato in Figura 1a. d) Mappa di deformazione co-sismica in LOS relativa all'interferogramma ALOS-2 mostrato in Figura 1b. La stella nera indica la posizione dell'epicentro Mw 5.5 del 18/1/17. Le principali strutture nella regione sono indicate in nero. I dati Sentinel-1 sono copyright di Copernicus (2017). I dati ALOS-2 sono copyright di JAXA (2016-2017).

Per aumentare il rapporto segnale-rumore è stato applicato un filtraggio alla fase interferometrica. Le Figure 1a e 1b mostrano gli interferogrammi arrotondati generati a partire da dati Sentinel-1 (coppia 12012017-24012017) e ALOS-2. In entrambi i casi sono evidenti, a NNE dell'epicentro dell'evento di Mw 5.5 del 18/1/17 (indicato con una stella nera) alcune frange riconducibili a deformazione. Nell'interferogramma ALOS-2 si può notare anche un segnale di fase correlato con i versanti dei rilievi dell'area, probabilmente da ascrivere a disturbi atmosferici e non a effettiva deformazione. Le Figure 1c e 1d mostrano rispettivamente le mappe di spostamento, in linea di vista (LOS), generate a partire dagli interferogrammi di figura 1a e 1b. Per entrambi i casi, il massimo spostamento misurato è di circa 10 cm in allontanamento dal sensore, in corrispondenza del centro dell'area in deformazione a NNE dell'epicentro.

Modellazione preliminare della sorgente

Lo spostamento del suolo mostrato in Figura 1 è stato modellato con inversione non-lineare e lineare. In questa inversione preliminare non sono stati utilizzati altri dati geodetici. Nell'inversione si assume che i 4 eventi del 18/1 siano avvenuti sullo stesso piano di faglia (Figura 2).

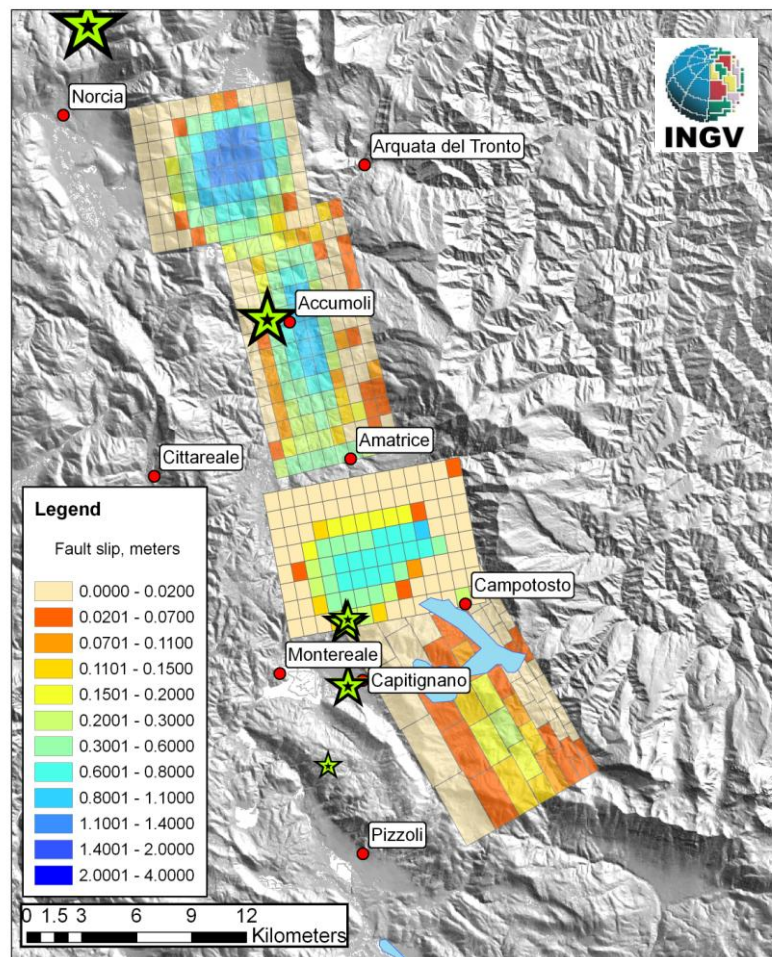


Figura 2 – Modello preliminare della sorgente cumulata degli eventi di Mw ≥ 5 del 18/1/17. Per quanto spiegato nel testo la parte sud del modello può sottostimare lo slip e la dimensione della faglia. Le altre faglie in trasparenza sono relative al terremoto di Amatrice (le due sorgenti a nord) e al terremoto di Campotosto del 2009, successivo al terremoto de L'Aquila (la sorgente a sud).

I dati di spostamento del suolo disponibili per questa inversione hanno la stessa linea di vista; inoltre una parte degli interferogrammi è decorrelata (a sud e sud-est) e una buona parte del campo di spostamento non può essere ricostruita. Questo rende difficile modellare eventuali eterogeneità di slip in quelle zone. Per rendere meno ambigua la soluzione, il modello è stato vincolato con il dip (39°) e il rake (-90°) del meccanismo focale medio dell'evento maggiore. Tutti gli altri parametri sono liberi.

Lo slip massimo stimato sul piano è circa 90 cm e verso l'alto la profondità a cui lo slip diventa trascurabile è di circa 2 km. Il momento geodetico risultante è di $7.08E+017$ Nm, corrispondente a un evento di magnitudo cumulata M_w 5.8. Risultato analogo (M_w 5.7) si ha cumulando i momenti sismici dei 4 eventi del 18/1. Lo strike individuato nell'inversione è molto simile a quello del meccanismo focale medio.

Nella figura 2 è mostrato il modello preliminare di sorgente (cumulato) dei 4 eventi di $M \geq 5$ del 18/1 insieme con le sorgenti più vicine. La figura 3 mostra i bassi residui del modello.

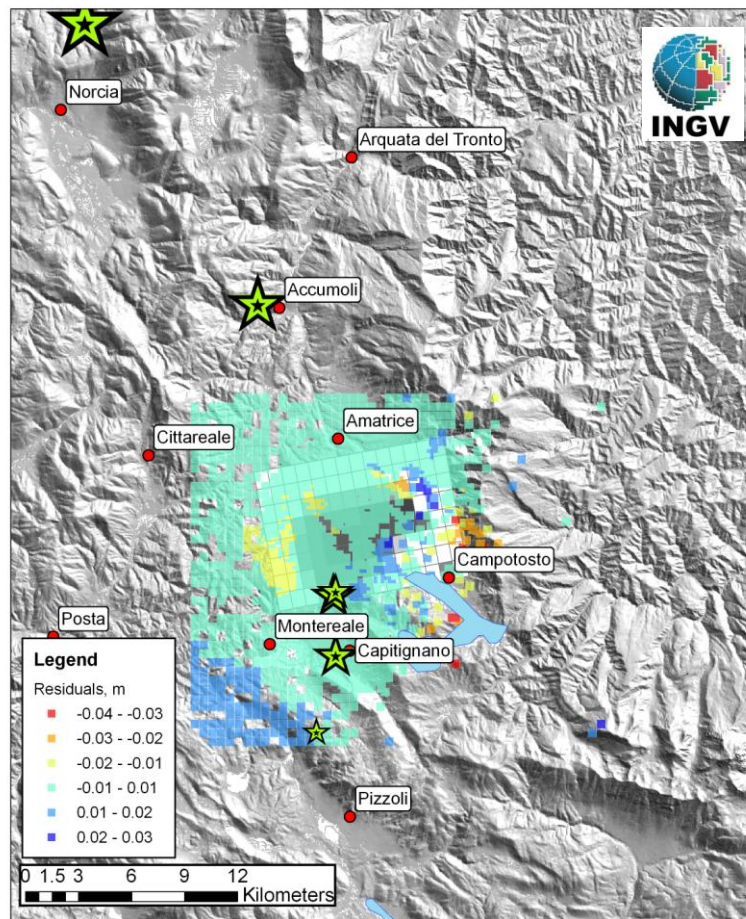


Figura 3 – Residui del modello in figura 3 rispetto ai dati Sentinel 1. La maggior parte si trova compresa tra ± 1 cm.

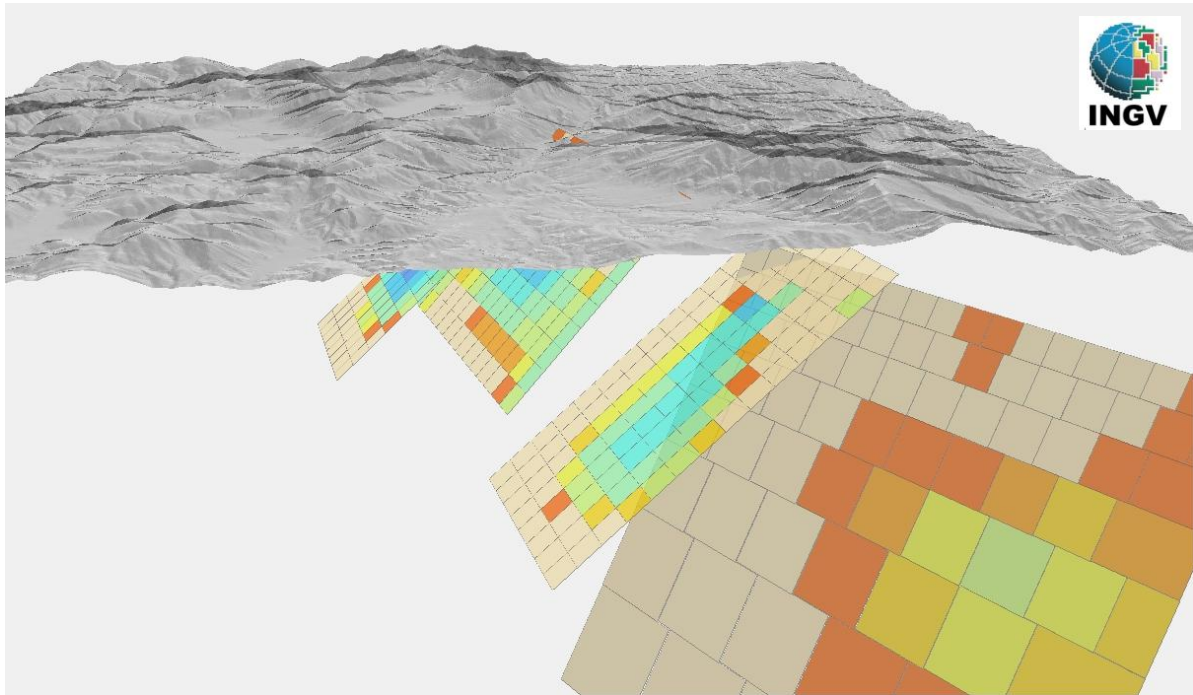


Figura 4 – Visione 3d del modello in figura 2. Nonostante il piano del modello preliminare abbia una pendenza minore rispetto a quella degli altri modelli (parametro non vincolato dai dati SAR), è evidente una buona corrispondenza generale con il probabile andamento in profondità della faglia del Monte Gorziano.

Va notato inoltre che nonostante le profondità degli ipocentri si collochino intorno a 8-10 km, i valori maggiori di slip si verificano più vicino alla superficie, intorno ai 3-4 km di profondità. La posizione degli ipocentri è spostata al margine SW della faglia (Figura 2).

Questo modello è preliminare e verrà migliorato nei prossimi giorni utilizzando ulteriori osservazioni InSAR e vincoli esterni.

Le figure 5 e 6 mostrano infine una visione sinottica dei modelli elaborati fino ad ora per la sequenza attuale e quella del 2009. Appare evidente come esistano ancora tratti della faglia del Monte Gorziano in cui non si è verificato slip lungo tutta la larghezza della faglia (tra la superficie e la sua parte più profonda); in particolare tra la sorgente (faglia sud) del terremoto di Amatrice e la sorgente cumulata degli eventi del 18/1, è presente un gap di circa 3 km lungo lo strike. Tra la sorgente di Campotosto 2009 e quella dei terremoti del 18/1 è apparentemente presente una zona di basso slip, ma questo risultato va verificato poiché il dato InSAR è decorrelato in quell'area e potrebbe avere sottostimato lo slip. Inoltre le due sorgenti attualmente hanno una geometria diversa e questo non rende confrontabili le stime di slip.

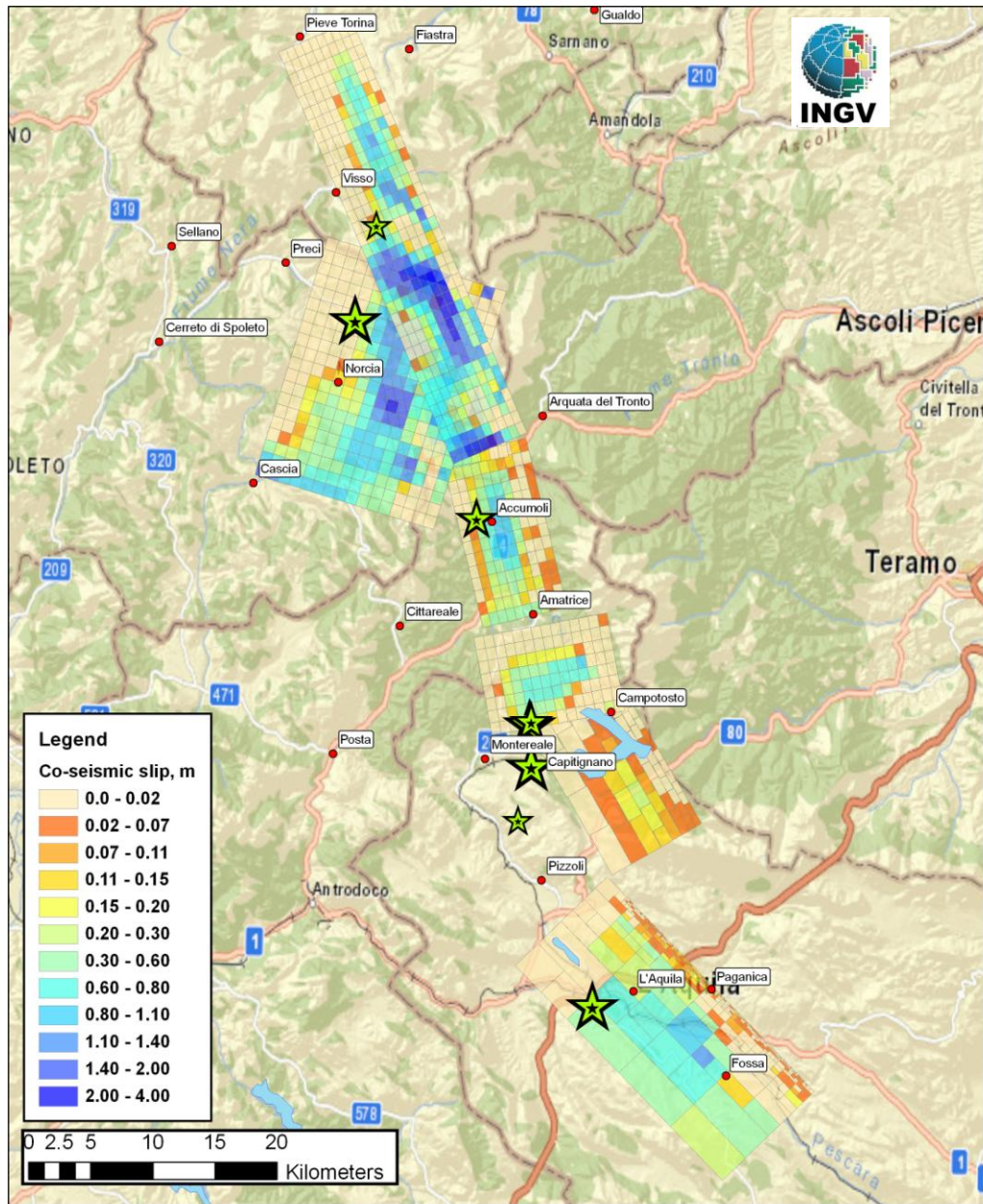


Figura 5 - Visione sinottica dei modelli dei principali eventi nell'area dal 6 aprile 2009. Il modello del mainshock de L'Aquila è stato rielaborato a partire da Atzori et al., 2009; il modello della sorgente in corrispondenza del Lago di Campotosto è ricavato dal lavoro di Cheloni et al., 2014. Gli altri modelli sono stati ricavati per la sequenza attuale e potrebbero essere raffinati ulteriormente nei prossimi mesi.

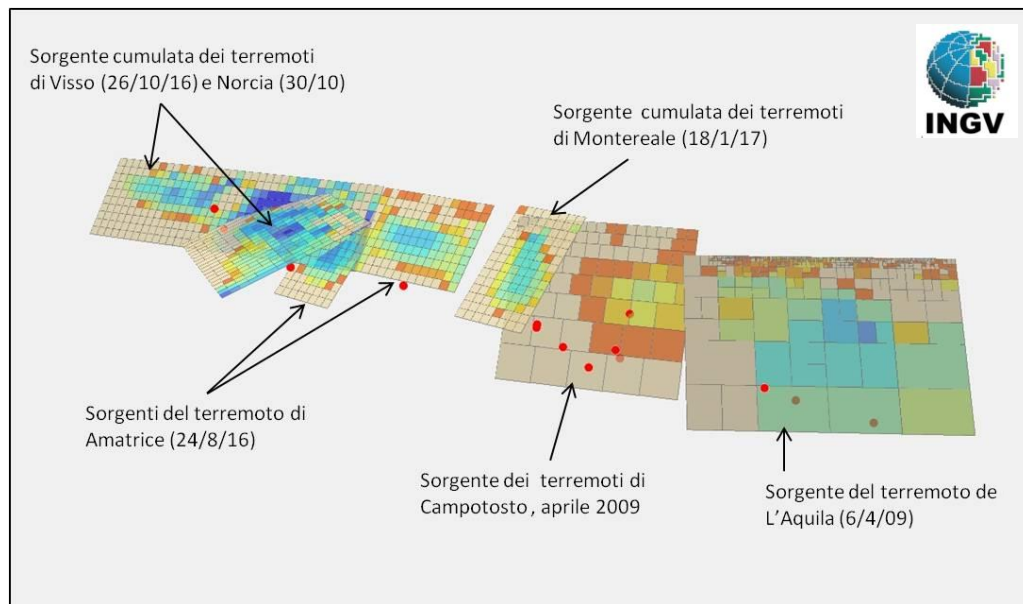


Figura 6 - Visione prospettica da ovest dei modelli di sorgente da inversione geodetica dei principali eventi nell'area dal 6 aprile 2009. Si veda la figura 5 per i riferimenti geografici.

Riferimenti

Atzori, S., Hunstad, I., Chini, M., Salvi, S., Tolomei, C., Bignami, C., Stramondo, S., Trasatti, E., Antonioli, A. and Boschi, E., (2009). *Finite fault inversion of DInSAR coseismic displacement of the 2009 L'Aquila earthquake (central Italy)*. *Geophysical Research Letters*, 36(15).

Cheloni, D., Giuliani, R., D'Anastasio, E., Atzori, S., Walters, R.J., Bonci, L., D'Agostino, N., Mattone, M., Calcaterra, S., Gambino, P. and Deninno, F., (2014). *Coseismic and post-seismic slip of the 2009 L'Aquila (central Italy) Mw 6.3 earthquake and implications for seismic potential along the Campotosto Fault from joint inversion of high-precision levelling, InSAR and GPS data*. *Tectonophysics*, 622, pp.168-185.