

LE ATTIVITÀ DEL GRUPPO OPERATIVO INGV “SISMIKO” DURANTE LA SEQUENZA SISMICA “AMATRICE 2016”

M. Moretti¹ e Gruppo di Lavoro SISMIKO (L. Abruzzese¹, M. Anselmi¹, P. Arroucau², P. Baccheschi¹, B. Baptie³, R. Bonadio², A. Bono¹, A. Bucci¹, M. Buttinelli¹, M. Capello¹, V. Cardinale¹, A. Castagnozzi¹, M. Cattaneo¹, G. Cecere¹, C. Chiarabba¹, L. Chiaraluze¹, G.B. Cimini¹, R. Cogliano¹, G. Colasanti¹, M. Colasanti¹, F. Criscuoli¹, E. D’Alema¹, A. D’Alessandro¹, C. D’Ambrosio¹, P. Danecek¹, M. De Caro¹, P. De Gori¹, A. Delladio¹, Gaetano De Luca¹, Giovanni De Luca¹, M. Demartin¹, M. Di Nezza¹, R. Di Stefano¹, L. Falco¹, M. Fares¹, M. Frapiccini¹, A. Frepoli¹, D. Galluzzo¹, E. Giandomenico¹, L. Giovani¹, C. Giunchi¹, A. Govoni¹, D. Hawthorn², C. Ladina¹, V. Lauciani¹, A. Lindasy⁴, S. Mancini^{1,3}, A.G. Mandiello¹, L. Margheriti¹, S. Marzorati¹, M. Massa¹, S. Mazza¹, A. Memmolo¹, A. Michelinì¹, F. Migliari¹, F. Minichiello¹, G. Monachesi¹, C. Montuori¹, R. Moschillo¹, S. Murphy¹, N.M. Pagliuca¹, M. Pastori¹, D. Piccinini¹, U. Piccolini¹, S. Pintore¹, G. Poggiali², S. Pondrelli¹, S. Rao¹, G. Saccorotti¹, M. Segou³, A. Serratore¹, M. Silvestri¹, S. Silvestri¹, M. Vallocchia¹, L. Valoroso¹, L. Zuccarello¹)

¹ Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia

² Dublin Institute for Advanced Studies, Ireland

³ British Geological Survey, United Kingdom

⁴ University of Ulster, Northern Ireland

SISMIKO è un gruppo operativo dell’Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (INGV) che coordina tutte le Reti Sismiche Mobili INGV (Moretti *et al.*, 2016) e coinvolge le diverse sezioni dell’istituto che si occupano quotidianamente del monitoraggio sismico del territorio nazionale. Insieme ai colleghi che si occupano degli effetti di sito (Emersito, EMERSITO working group, 2016), del rilievo del danneggiamento/risentimento (*QUick Earthquake Survey Team* – QUEST) e degli effetti geologici di superficie (Emergeo, EMERGEIO Working Group, 2016), e anche insieme a coloro che svolgono il servizio informativo rivolto alle popolazioni colpite dal sisma (Informazione in Emergenza Sismica – IES), costituisce un’importante componente del quadro delle azioni che l’INGV intraprende durante una emergenza sismica.

Il 26 novembre 2015, a seguito della formalizzazione di questi gruppi operativi INGV, è stata organizzata un’esercitazione per posti di comando durante la quale sono stati anche testati i protocolli di intervento dei singoli gruppi di emergenza (Pondrelli *et al.*, 2016). Il test è stato un importante banco di prova a cui va il merito di aver facilitato, sin dalle prime ore, il coordinamento degli interventi predisposti dall’INGV per gestire la recente emergenza seguita al forte terremoto avvenuto il 24 agosto 2016 (01:36:32 UTC).

L’evento di Mw 6.0, registrato dalla Rete Sismica Nazionale dell’INGV (RSN, <http://doi.org/10.13127/SD/X0FXNH7QFY>), è stato localizzato vicino all’abitato di Accumuli in provincia di Rieti ad una profondità prossima agli 8 km (<http://cnt.rm.ingv.it/7073641>). Come previsto dalle procedure di intervento INGV, a pochi minuti dopo il tempo origine del terremoto i coordinatori nazionali di SISMIKO hanno ricevuto un SMS con la stima dei parametri della localizzazione (sia automatica che definitiva). L’allerta è stata in seguito inoltrata ai referenti locali di SISMIKO tramite un’applicazione di messaggistica istantanea dando il via, di fatto, all’attivazione della struttura. Dopo aver verificato il funzionamento delle stazioni permanenti della RSN operanti in area epicentrale e considerando l’andamento della sismicità sviluppatasi nelle prime ore dopo la scossa principale, il coordinamento SISMIKO ha predisposto, in meno di 3 ore dal *mainshock*, l’intervento che ha visto in totale l’installazione di 18 stazioni temporanee (Fig. 1). Aumentare la densità di una rete di monitoraggio sismico ha l’effetto di migliorare la capacità di detezione dei terremoti e la qualità delle localizzazioni consentendo di definire con maggiore precisione la geometria delle strutture attivate e l’andamento spazio-temporale della sismicità, caratteristiche queste utili per una migliore realizzazione di scenari di pericolosità oltre a fornire dati di qualità per studi di sismotettonica e fisica dei terremoti.

Il primo giorno si è attivato il personale delle sedi INGV più prossime all’area epicentrale, ovvero Ancona (1), Grottaminarda (3), L’Aquila (1) e Roma (1), per un totale di 14 unità di

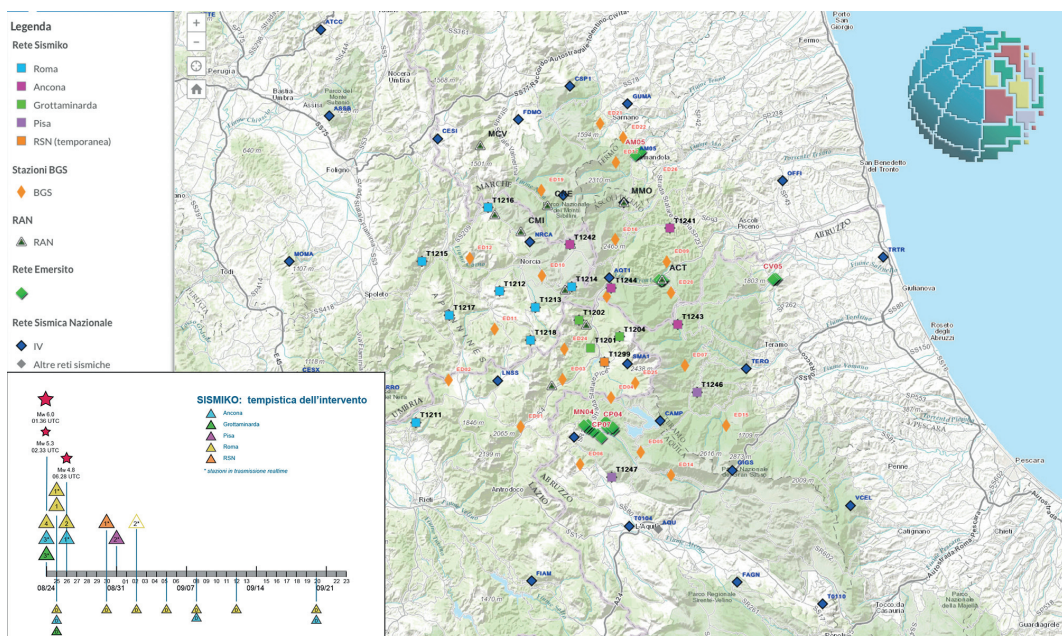


Fig. 1 – Mappa della rete sismica temporanea installata da SISMICO (vedi legenda) tra il 24 e 30 agosto 2016 ad integrazione della RSN (rombi blu), della rete di Emersito (rombi verdi), BB del BGS (rombi arancioni) e della RAN-DPC (triangoli verdi). Nel riquadro in basso a sinistra, uno schema che riassume la tempistica della installazione e della manutenzione della rete temporanea SISMICO del primo mese di emergenza. Le stelle rosse mostrano gli eventi sismici più forti della sequenza. I numeri all'interno dei triangoli, diversamente colorati a seconda della sede INGV che ha svolto l'attività, indicano le stazioni installate durante la giornata. Con l'asterisco sono evidenziate quelle trasmesse in tempo reale e, nel caso della T1216 e T1217 prima in acquisizione locale, quando sono state dotate di router UMTS (il 2 settembre). I triangoli nella parte in basso del timeline, indicano le missioni di controllo e scarico dati delle stazioni.

personale e 10 stazioni attivate. Durante la giornata, sono state anche svolte delle attività per il ripristino di alcune stazioni della RSN che nelle prime ore della sequenza avevano presentato problemi di alimentazione e di trasmissione dei dati. I successivi 2 giorni, sono state installate ulteriori 5 stazioni, di cui 2 in tempo reale, e visitate quelle in acquisizione locale, posizionate il giorno precedente, per il recupero dei dati. In considerazione dell'evoluzione della sismicità, nella tarda giornata del 26 agosto è stato disposto un ulteriore intervento portato a termine nella giornata di domenica 28 da una squadra della sede INGV di Pisa. Infine, il 30 agosto è stata installata un'ultima stazione temporanea in trasmissione satellitare da parte del personale che si occupa del mantenimento della RSN. Nelle settimane successive alcune stazioni inizialmente in acquisizione locale, sono state equipaggiate con sistemi di trasmissione dati via UMTS, ottimizzando notevolmente la copertura della zona a NW per il monitoraggio di sala. Ad un mese dall'inizio dell'emergenza, la rete temporanea SISMICO contava 18 stazioni di cui 14 trasmesse in tempo reale (Fig. 1).

Diverse sono state le collaborazioni con altri gruppi di lavoro per la condivisione delle informazioni in modo da integrare le rispettive reti temporanee. Come accaduto in Emilia nel 2012 (Moretti *et al.*, 2012), vi è stata una continua interazione con Emersito e con il gruppo di rete mobile dell'*Italian Strong Motion Network* (RAN) del Dipartimento della Protezione Civile Nazionale (DPC, <http://ran.protezionecivile.it/IT/>). Inoltre, i primi giorni di settembre hanno raggiunto l'area epicentrale anche i colleghi del servizio geologico inglese (*British Geological Survey* – BGS) e della Scuola di Geoscienze dell'Università di Edimburgo, che sin dalle prime ore di emergenza hanno manifestato interesse scientifico per la sequenza. La collaborazione

internazionale, alla quale hanno partecipato anche alcuni ricercatori del *Dublin Institute for Advanced Study* (DIAS) e della Università di Ulster, ha portato all'installazione di una rete di 25 stazioni sismiche *Broad Band* (BB) che ha consentito di dimezzare l'inter-distanza tra le stazioni, passando da circa 15-18km a 6-8 km, anche nelle aree prossimali alla sequenza (rombi arancioni in Fig. 1). I dati della rete BB saranno disponibili sul sito dell'*Incorporated Research Institutions for Seismology* (IRIS; <http://ds.iris.edu/ds/nodes/dmc/>).

Al *mainshock* ha fatto seguito una sostenuta attività sismica che nel primo mese conta quasi 12.000 eventi, di cui 16 di $M_L \geq 4.0$. Tutti i dati acquisiti dalle stazioni installate dal gruppo SISMICO, sono disponibili presso l'*European Integrated Data Archive* (EIDA; <http://eida.rm.ingv.it/>) (Mazza *et al.*, 2012). Avere da subito la disponibilità del dato delle stazioni temporanee trasmesse in tempo reale insieme a quelli acquisiti delle stazioni permanenti RSN in area epicentrale, è stato un risultato che ha consentito di effettuare analisi della sequenza in tempo reale con un elevato grado di qualità e dettaglio. Dal 9 settembre 2016 si è settimanalmente provveduto ad integrare il dataset già disponibile con i dati delle stazioni SISMICO in acquisizione locale.

Le 14 stazioni temporanee che trasmettono in tempo reale progressivamente aggiunte nel sistema di sorveglianza sismica, hanno consentito di abbassare la soglia di detezione della rete e di migliorare la qualità delle determinazioni ipocentrali soprattutto per quanto riguarda la profondità degli eventi. Se ai dati delle stazioni trasmesse in tempo reale aggiungiamo i dati acquisiti in locale, è immediato intuire come l'intervento di SISMICO possa rappresentare un fondamentale contributo anche per le ri-localizzazioni che saranno pubblicate sul Bollettino Sismico Italiano (BSI) dell'INGV. Maggiori dettagli sono reperibili nel "Rapporto preliminare sulle attività svolte dal gruppo bollettino sismico italiano a seguito del terremoto di Amatrice (BOLLETTINO SISMICO ITALIANO – Gruppo di lavoro Amatrice, 2016).

La zona interessata dalla sequenza sismica si sovrappone in parte alla rete sismica marchigiana, questo ha consentito di utilizzare le abituali procedure automatiche in uso presso la sede INGV di Ancona, per effettuare analisi automatiche di controllo della qualità dei dati della sequenza in tempo reale (Marzorati *et al.*, 2012), semplicemente aggiungendo le stazioni temporanee man mano che i loro dati risultavano disponibili. Gli eventi automaticamente riconosciuti vengono quindi analizzati da una procedura automatica iterativa di *phase picking* e localizzazione. Il nucleo di questo sistema automatico è chiamato RSNI-picker (Scafidi *et al.*, 2016). La procedura ha permesso di localizzare automaticamente 4174 eventi nell'intervallo di tempo 24-31 agosto, e 7245 nell'intervallo 1-20 settembre. Dal 24 agosto 2016 (01:36:32 UTC) al 30 settembre 2016 la banca dati accelerometrica dell'INGV (ISMD Working Group, 2016; <http://ismd.mi.ingv.it/>), ha analizzato e pubblicato in tempo quasi reale oltre 21.300 forme d'onda accelerometriche relative a 121 terremoti di magnitudo compresa tra 3.0 e 6.0 avvenuti durante la sequenza. In particolare circa 1600 registrazioni accelerometriche sono relative esclusivamente a stazioni installate in area epicentrale da SISMICO. Per ogni terremoto sono disponibili 5 minuti di segnale a partire dal tempo origine fornito dal Centro Nazionale Terremoti (CNT, <http://cnt.rm.ingv.it/>).

Bibliografia

- Amato A. *et al.*; 1998: *The Colfiorito, Umbria–Marche earthquake sequence in central Italy (Sept.–Nov., 1997): a first look to mainshocks and after- shocks*. Geophys. Res. Lett. **25**, 2861–2864.
- BOLLETTINO SISMICO ITALIANO – Gruppo di lavoro Amatrice; 2016: *Rapporto preliminare sulle attività svolte dal gruppo bollettino sismico italiano a seguito del terremoto di Amatrice Mw 6.0 (24 agosto 2016, Italia centrale)*. Doi: 10.5281/zenodo.157545.
- EMERGEO Working Group; 2016: *The 24 August 2016 Amatrice Earthquake: Coseismic Effects*. doi: 10.5281/zenodo.61568
- EMERSITO working group; 2016: *Rapporto preliminare sulle attività svolte dal gruppo operativo EMERSITO a seguito del terremoto di Amatrice Mw 6.0 (24 agosto 2016, Italia centrale)*. Doi: 10.5281/zenodo.61884.
- ISMD Working Group; 2016: *INGV Strong Motion database: Dati accelerometrici INGV in tempo quasi reale*. <https://sites.google.com/a/ingv.it/dati-emergenza/attivita-scientifiche/ground-motion>. doi: 10.5281/zenodo.154703.

- Marzorati S., Carannante S., Cattaneo M., D'Alema E., Frapiccini M., Ladina C., Monachesi G. and Spallarossa D.; 2012: *Automated control procedures and first results from the temporary seismic monitoring of the 2012 Emilia sequence*. Annals of Geophysics, **55**, 4. doi:10.4401/ag-6116.
- Mazza S., Basili A., Bono A., Lauciani V., Mandiello A.G., Marcocci C., Mele F.M., Pintore S., Quintiliani M., Scognamiglio L. and Selvaggi G.; 2012: *AIDA – Seismic data acquisition, processing, storage and distribution at the National Earthquake Center, INGV*. Annals of Geophysics, **55**, 4. Doi:10.4401/ag-6145.
- Moretti M., Margheriti L., Govoni A.: 2016: *Rapid response to earthquake emergencies in Italy: temporary seismic network coordinated deployments in the last five years*. In: D'Amico S. (Ed): *Earthquakes and their impacts on Society*, Springer, 585-599. doi. 10.1007/978-3-319-21753-6_24.
- Pondrelli et al.; 2016: *Pianificazione e gestione di un'emergenza sismica: esercitazione INGV del 26 novembre 2015 effettuata nell'ambito della Linea di Attività T5 "Sorveglianza sismica e operatività post terremoto"*. Quaderni di Geofisica, in press.
- Scafidi D., Spallarossa D., Turino C., Ferretti G., Viganò A., 2016; *Automatic P-and S-Wave Local Earthquake Tomography: Testing Performance of the Automatic Phase-Picker Engine RSNI-Picker*. Bulletin of the Seismological Society of America, doi:10.1785/0120150084, **106**, 2, 526-536.