



Impianto Pilota Geotermico denominato Torre Alfina

Istruttoria di VIA - Integrazioni

ALLEGATO C1.4

Relaz. INGV su evento sismico del 30.05.2016



INGV
terremoti
vulcani
ambiente

ISTITUTO NAZIONALE
DI GEOFISICA E VULCANOLOGIA

**Istituto Nazionale di Geofisica
e Vulcanologia
AOO INGV**

Protocollo Generale - U

N. 0007051

del 14/06/2016



Spett.le ITW&LKW Geotermia Italia spa

Via di Porta Pinciana 4

00187 Roma

Oggetto: Trasmissione rapporto sull'attività sismica di fine maggio 2016 nella zona di Castel Giorgio-Acquapendente-. Aggiornamento del 11 giugno 2016.

In allegato si trasmette un aggiornamento della relazione scientifica sull'attività sismica in oggetto, già inviata il 9/6/2016 (prot. 0006831) e realizzata nell'ambito della convenzione con l'INGV.

Distinti saluti

Il Responsabile scientifico

dott.ssa Maria Luisa Carapezza

Relazione scientifica richiesta da ITW/LKW a seguito dell'evento sismico di M4.1 verificatosi il 30 maggio 2016 nell'areale di Castel Giorgio (TR)

Aggiornato in data: 11/06/2016

Redazione: Thomas Braun, Marco Caciagli, Daniela Famiani, Alessandro Marchetti (INGV)

Con contributi di: M. Carapezza, A. Gattuso, N.M. Pagliuca, G. Mele, A. Lisi, A. Frepoli, L. Badiali (INGV)

Ipocentri degli eventi sismici principali del 30 e 31 maggio 2016 tra Acquapendente e Castel Giorgio

Il giorno 30-mag-2016, alle ore 20:22:20 (UTC), un terremoto di magnitudo (M_L) pari a 4.1 è avvenuto nei pressi di Castel Giorgio (Latitudine: 42.7; Longitudine: 11.98, figura 1). Sulla base dei dati provenienti dalle stazioni appartenenti alla rete nazionale INGV, la determinazione ipocentrale automatica della sala sismica segnalava una profondità di 15 km; la revisione manuale ha collocato l'ipocentro ad una profondità di circa 8 km, (Iside; <http://cnt.rm.ingv.it/event/6765511>). Le incertezze sulla localizzazione, in particolare per eventi sismici superficiali, è imputabile principalmente al modello di velocità utilizzato e ai diversi algoritmi di elaborazione. In tabella 1 sono riportate le localizzazioni dell'evento proposte da diversi istituti di ricerca.

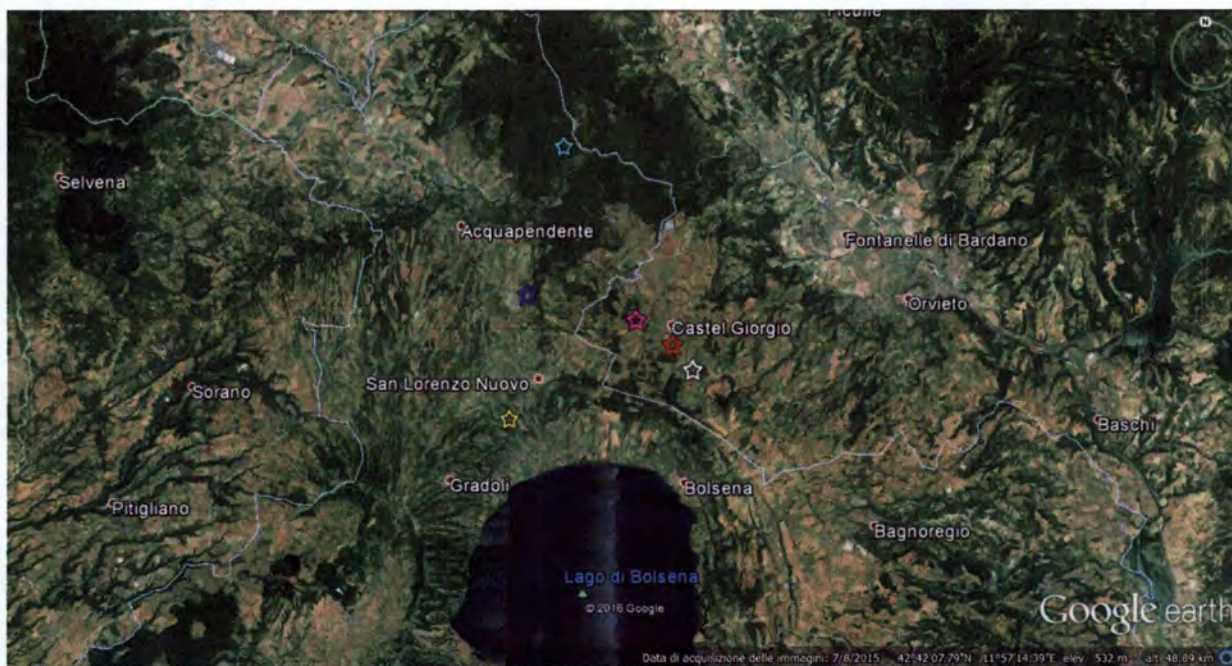


Figura 1 – Localizzazioni ipocentrali effettuate da diverse strutture di ricerca: stella rossa = BSI-Iside; stella rosa = CNT-TDMT; stella gialla = QRCMT (Pondrelli et al. 2002); stella celeste = GFZ-Geofon (<http://www.gfz-potsdam.de/en/media-communication/current-earthquake-information/>); stella blu = USGS; stella bianca = ReMoTA

References	Time	M	Latitude	Longitude	Depth
QRCMT (INGV)	20:24:24.01	4.35	42.67	11.89	11
CNT-TDMT		4.12	42.71	11.96	5
GFZ - Geofon	20:24:22	4.3	42.78	11.92	10
USGS (R.Herrmann)		4.14	42.72	11.90	5
Iside (INGV)	20:24:20.46	4.1	42.70	11.98	7.88 (+/- 0.6)
ReMoTA (INGV)	20:24:21.172		42.700	11.989	6.66 (+/- 0.81)

Tabella 1 – Coordinate ipocentrali pubblicate dai diversi Istituti e/o gruppi di ricerca.

QRCMT = Quick Regional Moment Tensors – INGV - <http://autorcmt.bo.ingv.it/QRCMT-on-line/E1605302024A.html>

CNT-TDMT = Centro Nazionale Terremoti, Time Domain Moment Tensor – INGV (<http://cnt.rm.ingv.it/tdmt>),

GEOFON - Global Seismic Network - GFZ-Potsdam <http://www.emsc-csem.org/Earthquake/earthquake.php>

USGS - United States Geological Survey

ISide - Italian Seismological Instrumental and Parametric Database (INGV) <http://iside.rm.ingv.it/iside/standard/index.jsp>

ReMoTA - Rete Monitoraggio Torre Alfina (INGV)

La scossa principale del 30-mag-2016 è stata seguita da numerose repliche; la più forte ($M_L=3.4$) è stata registrata il 31-mag-2016 alle ore 09:22:31 (UTC). Ad oggi (10-giu-2016 ore 15:00:00 UTC) sono state registrate 79 scosse dalla rete nazionale INGV (figura 2) tra le quali 3 con $3 < M_L < 3.4$, 16 con $2 < M_L < 2.6$.

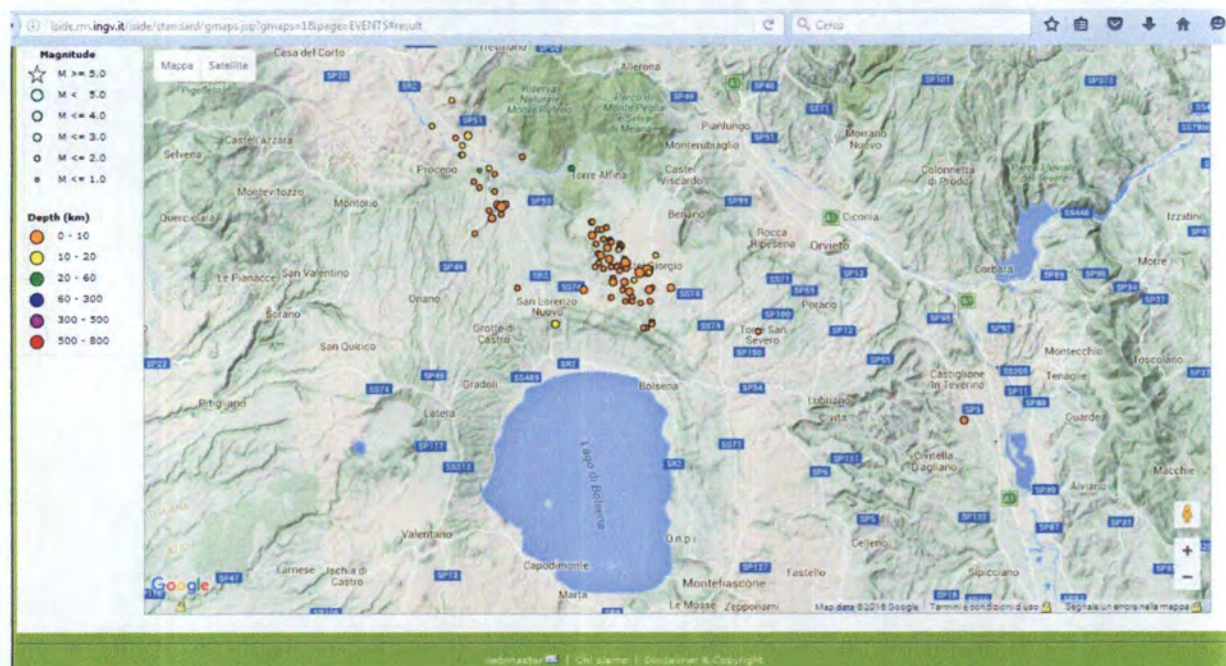


Figura 2 – Sismicità registrata dalla rete nazionale INGV dal 30-mag-2016 al 08-giu-2016 (Iside)

La rete locale di monitoraggio sismico di Torre Alfina (ReMoTA) installata e gestita da INGV per conto di ITW & LKW Geotermia Italia SpA (Figura 3), ha risposto in modo soddisfacente alla sequenza sismica avvenuta.

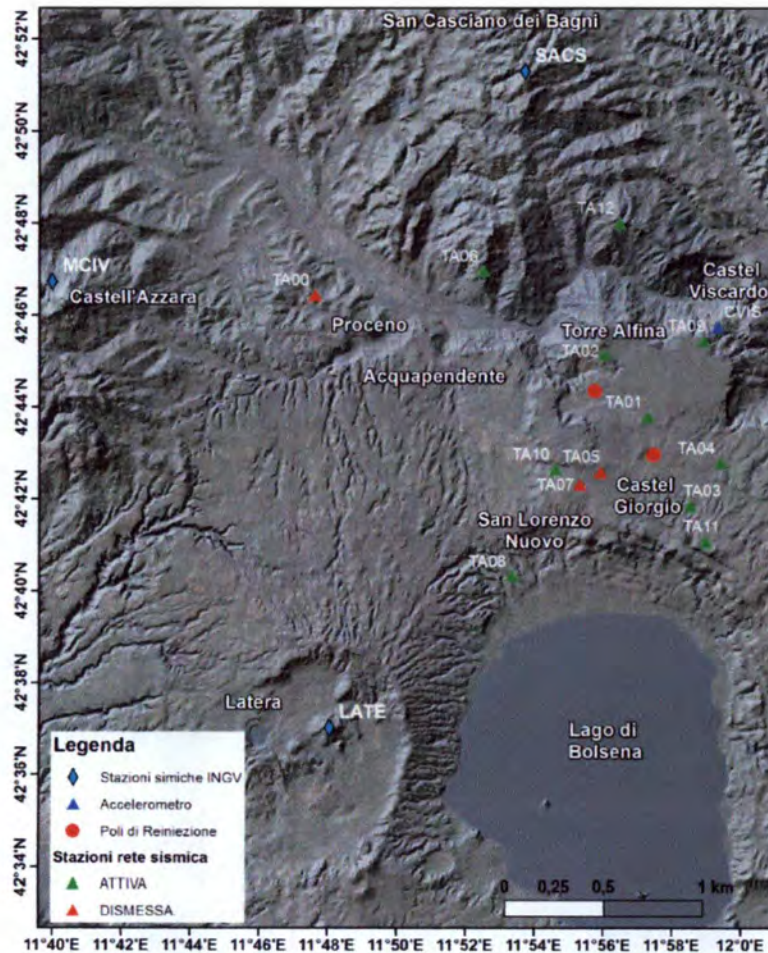


Figura 3 - Stazioni della rete ReMoTA. Sono indicate anche le più vicine stazioni della rete sismica nazionale dell'INGV, la stazione accelerometrica CVIS della Regione Umbria e le ubicazioni dei poli di reiniezione dei progetti geotermici Castel Giorgio e Torre Alfina.

Nove delle dieci stazioni a tre componenti della rete (figura 3) hanno funzionato regolarmente, ad eccezione di quella installata in località Castel Viscardo. Le registrazioni dell'evento M 4.1 sono state estratte dal segnale in continuo reso disponibile dalla rete e sono mostrate in figura 4. Per una migliore stima delle coordinate ipocentrali e del meccanismo focale sono stati utilizzati anche i dati registrati dalla rete sismica locale dell'Amiata (gestita da INGV in collaborazione con GFZ – Potsdam), situata a circa 30 km a NW dall'area epicentrale. Dai risultati prodotti si ottiene, per l'evento principale di M=4.1 (figura 1 e Tabella 1), una profondità ipocentrale di 6.66 km.

T0		LAT	LON	Z	VPVS	DLAT	DLON	DZ	DT0	DVPVS	DEF	RMS
2016-05-30 20 24 21.172		42.700	11.989	6.66	1.80	0.0065	0.0055	0.81	0.072	0.03	93	0.364

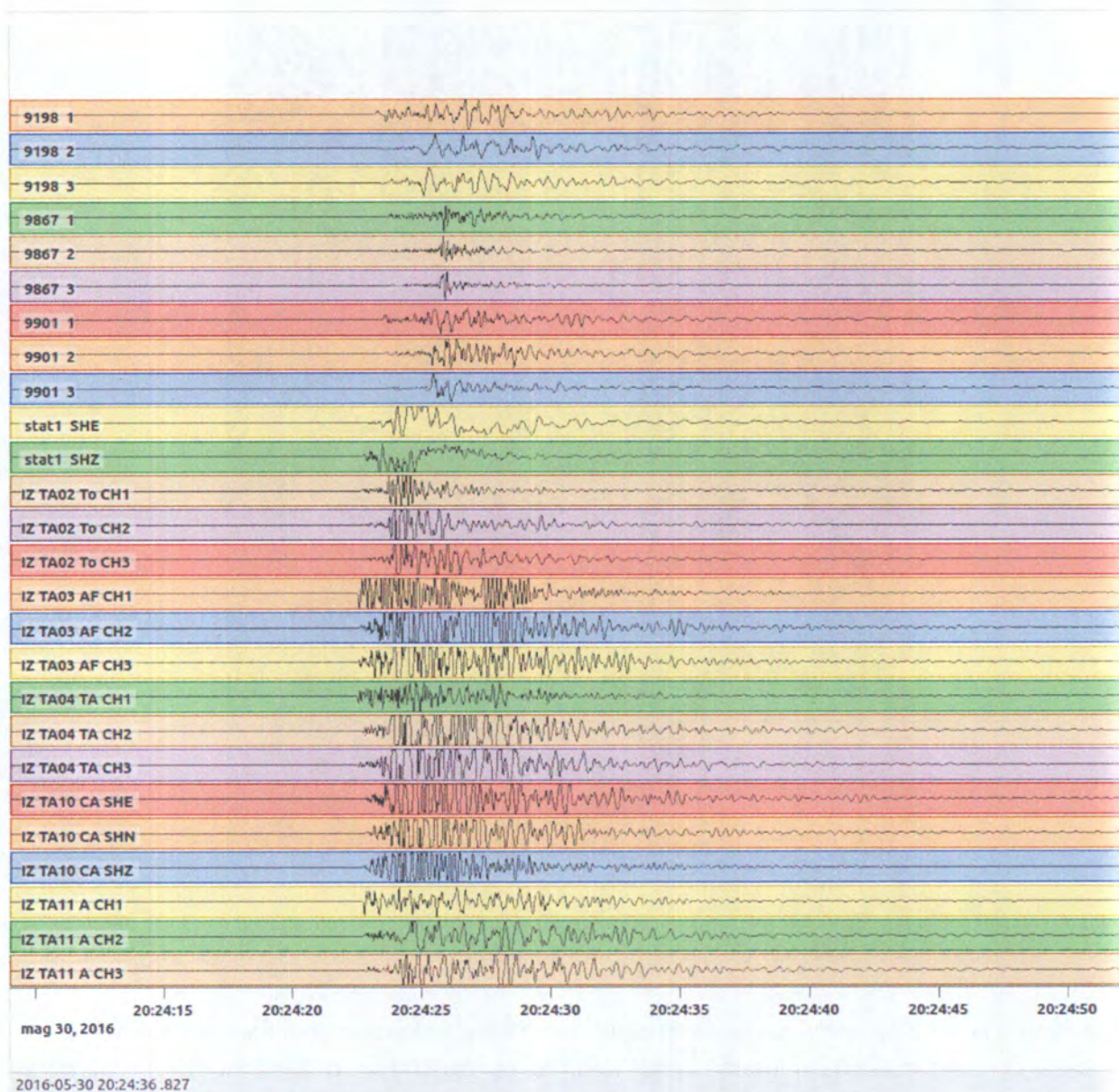


Figura 4 - Registrazioni dell'evento di $M_L=4.1$ del 30 maggio 2016 alle stazioni di ReMoTA.

In data 31-mag-2016 alle ore 09:22:32 (UTC) si è verificato un *aftershock* con Magnitudo $M_L=3.4$ a pochi chilometri nordovest rispetto al *mainshock* del giorno precedente.

La fase P si presenta molto emergente su quasi tutte le tracce, che introduce una maggiore incertezza della soluzione ipocentrale:

TO	LAT	LON	Z	VPVS	DLAT	DLON	DZ	DT0	DVPVS	DEF	RMS
2016-05-31 09 22 32.162	42.726	11.858	8.18	1.77	0.0112	0.0108	1.28	0.130	0.03	101	0.511

Profondità (km)	Vp (km/s)	Vs(km/s)
0.000	3.000	1.734
1.100	5.500	3.180
3.000	6.000	3.470
11.000	6.500	3.760
38.000	8.050	4.650

Tabella 2 – Modello di velocità 1D utilizzato per la determinazione ipocentrale degli eventi principali.

Meccanismi focale degli eventi principali 30-mag-2016 (M4.1) e 31-mag-2016

Per quanto riguarda il meccanismo focale, sono numerose le soluzioni proposte dai diversi Istituti e/o gruppi di ricerca. Nella figura 5 sono riassunte le soluzioni proposte. Le soluzioni trovate sono le seguenti:

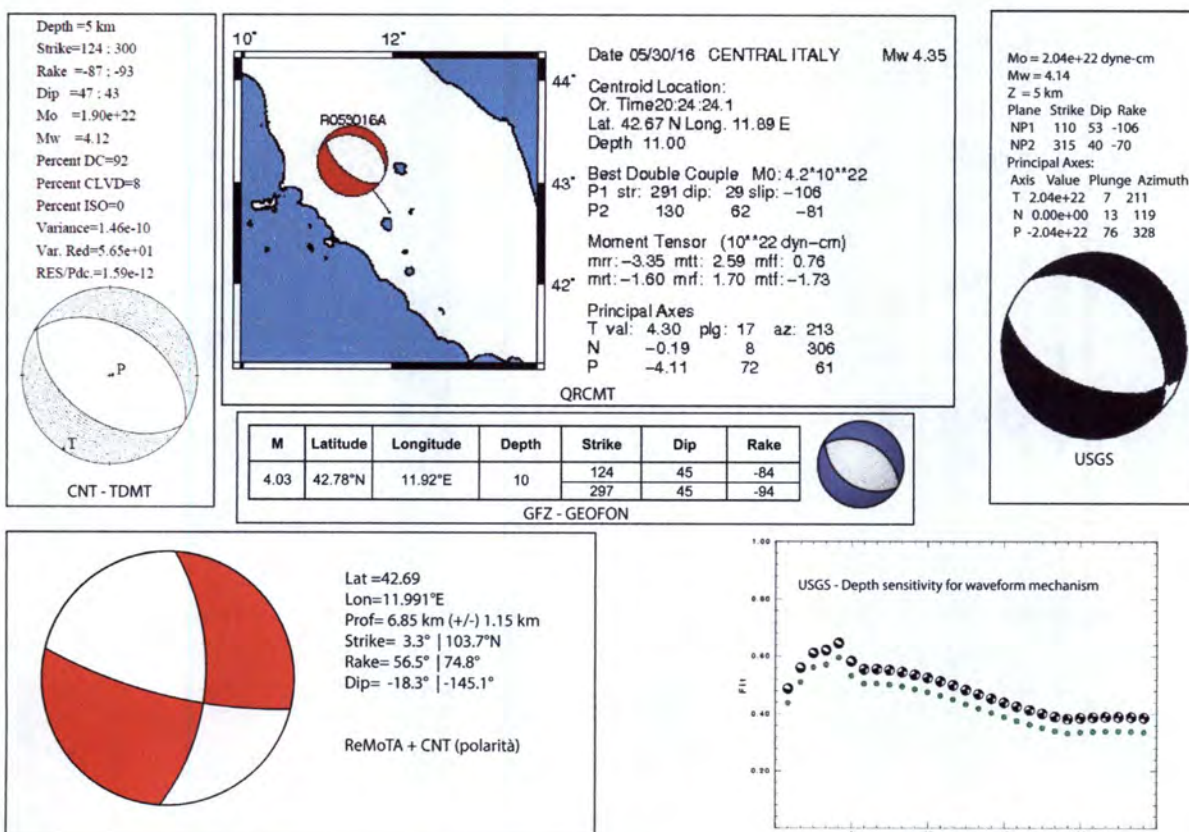


Figura 5 – Soluzioni del Momento tensore proposte da diversi Istituti e/o gruppi di ricerca del terremoto M=4.1 del 30 maggio 2016. A differenza delle altre, la soluzione del meccanismo focale ottenuto attraverso ReMoTa è calcolata sulla base dei primi arrivi. (QRCMT (Pondrelli et al. 2002.)

L'inversione del momento tensore (MT) si basa generalmente sulle funzioni di Green calcolate per dei modelli di velocità standard senza considerare la stratigrafia locale. La profondità ricavata (figura 5) dal calcolo del MT (QRCMT, USGS) si riferisce al miglior fit delle forme d'onda e non soddisfa necessariamente le polarità osservate alle singole stazioni della rete sismica (INGV e ReMoTA). Come si evince dal grafico della figura 5 (in fondo a destra) il meccanismo focale è generalmente molto sensibile alla profondità.

Come riportato sopra, l'ipocentro calcolato includendo la rete locale ReMoTA, permette di vincolare meglio questo parametro a un valore di circa 7 km. Rispetto alla pura faglia normale con strike 124°N l'inversione delle polarità delle fasi P (INGV e ReMoTA), riportata nella figura 5 in basso a sinistra, mostra una maggiore componente trascorrente. La differenza di meccanismo focale che si ricava da i primi risultati può essere quindi legata ai diversi modelli di velocità utilizzati nel processamento e alle diverse tecniche di inversione impiegate.

Da un primo confronto tra i due eventi principali (figura 6) si evince che lo strike di entrambi i meccanismi è molto simile; il meccanismo dell'evento avvenuto nelle vicinanze di Acquapendente (M=3.4, figura 6 a destra) mostra uno strike slip puro.

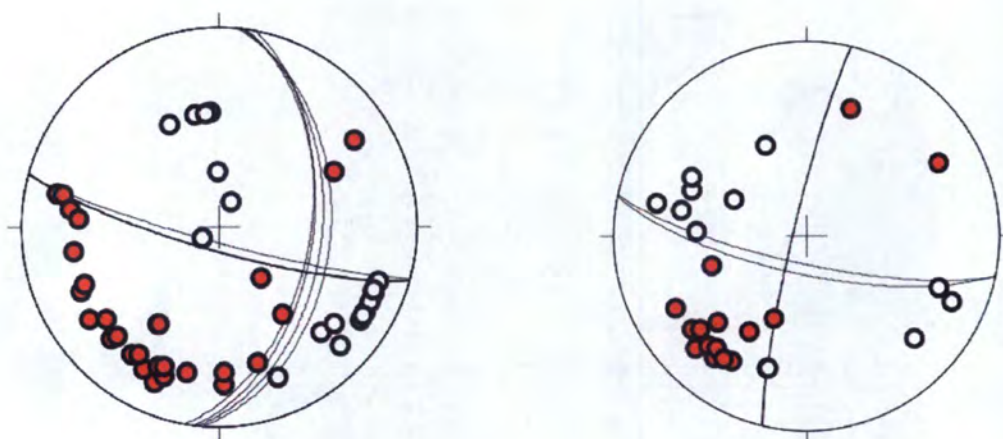


Figura 6 – Meccanismo focale dell'evento M4.1 del 30-mag-2016 (sinistra) e M3.4 del 31-mag-2016 (destra) utilizzando le polarità della fase P (assumendo le rispettive profondità di 6.66 km 8.18 km riportate prima).

dd-mmm-yyy	hh:mm:ss	ML	Profondità (km)	Strike/dip/rake	
30-mag-2016	20:24:21	4.1	6.66 km	007/50/-013	105/80/140
31-mag-2016	09:22:32	3.4	8.18 km	102/78/174	193/84/016

Tabella 3 – Parametri dei meccanismi focali dei due eventi sismici principali

Evoluzione spazio-temporale della sequenza sismica

La figura 7 mostra l'andamento temporale della Magnitudo rappresentato per un periodo di 8 giorni a partire dal 30-mag-2016 (ora 00:00 UTC). Ogni barra indica la Magnitudo riportata in ISIDe distinta per area epicentrale: epicentri intorno a Castel Giorgio e Acquapendente sono rappresentati rispettivamente nei colori verde e rosso.

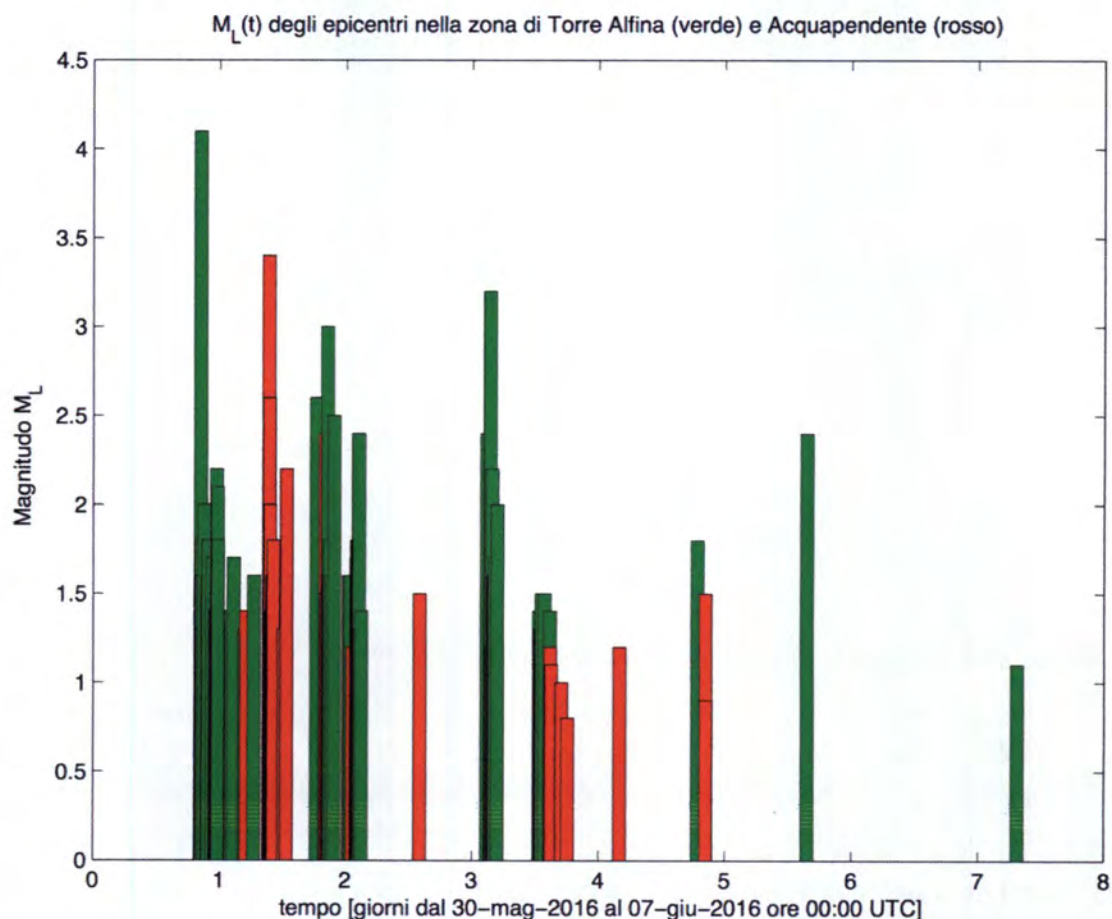


Figura 7 – Andamento temporale della magnitudo, distinta per area epicentrale: Castel Giorgio (verde), Acquapendente (rosso)

La figura 8 mostra la mappa degli epicentri localizzati da ISIDe nel periodo 30-mag-2016 / 10-giu-2016. Si osservano due cluster distinti con strike appenninico, nelle vicinanze dei due eventi più forti: M4.1 a Castel Giorgio (30-mag-2016 20:24 GMT) e M3.4 Acquapendente (31-mag-2016 09:22 GMT).



Figura 8 – Mappa della sequenza sismica registrata a partire dal 30-mag-2016.

Le figure 9 e 10 mostrano gli epicentri della sequenza sismica attuale relativi agli eventi registrati rispettivamente negli anni 2014 e 2015. Dalle prime valutazioni si nota che gli ipocentri osservati in questa sequenza sismica nella zona di Castel Giorgio sembra ricadere sulla stessa struttura attivata durante lo sciame di dicembre 2014.

Dal punto di vista della sismicità storica (fonte catalogo CPTI11), l'area epicentrale attuale non è stata colpita da eventi sismici forti. Si notano infatti eventi sismici con magnitudo stimata inferiore a 6. Si ricordano due terremoti: quello del 6 dicembre 1957 con una magnitudo stimata pari a 4.9, con epicentro a Castel Giorgio (TR) con intensità VII-VIII MCS; il terremoto del 11 giugno 1695 con una magnitudo stimata pari a Mw 5.7, con epicentro a Bagnoregio, con intensità VII-VIII MCS nelle vicinanze dell'epicentro attuale (<https://ingvterremoti.wordpress.com/2016/05/31/eventi-sismici-tra-le-province-di-terni-e-viterbo-aggiornamento-del-31-maggio-2016-ore-16-00-e-approfondimento/>)

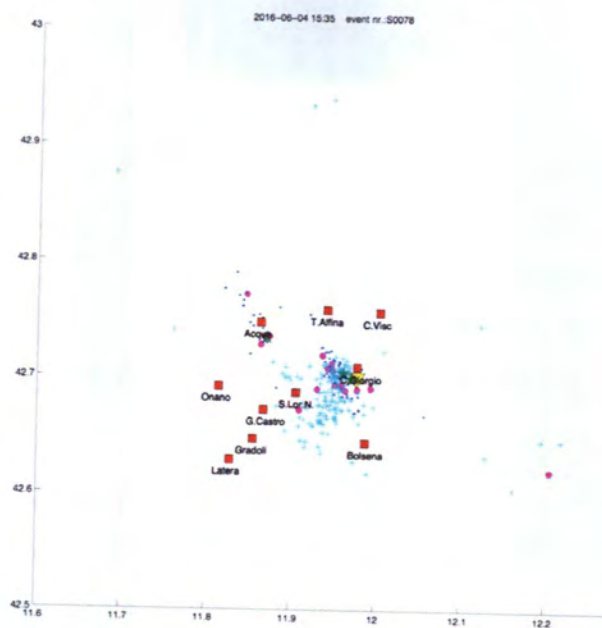


Figura 9 – Mappa degli epicentri della sequenza sismica attuale associati con la sismicità registrata nel 2014 (Rapp. ITW/LKW, 2016)

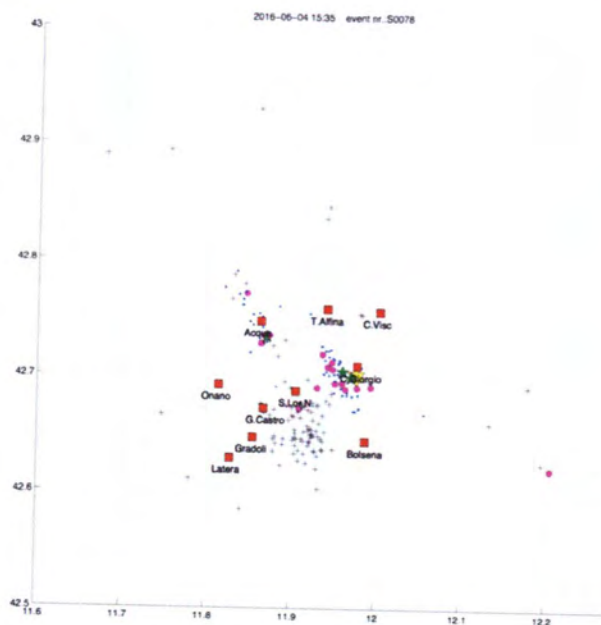


Figura 10 – Mappa degli epicentri della sequenza sismica attuale associati con la sismicità registrata nel 2015 (Rapp. ITW/LKW, 2016)

Referenze:

CNT-TDMT (<http://cnt.rm.ingv.it/tdmt>),

GEOFON - <http://www.emsc-csem.org/Earthquake/earthquake.php?id=509500#map>

INGV-terremoti: <https://ingvterremoti.wordpress.com/2016/05/31/eventi-sismici-tra-le-province-di-terni-e-viterbo-aggiornamento-del-31-maggio-2016-ore-16-00-e-approfondimento/>

ISIDe: <http://iside.rm.ingv.it/iside/standard/index.jsp>

Pondrelli et al. (2012): Annals of Geophysics, vol. 55, n.4.

QRCMT: <http://autorcmt.bo.ingv.it/QRCMT-on-line/E1605302024A.html>

Rapp ITW/LKW/ (2016): Rapporto tecnico-scientifico sulla configurazione della rete sismica locale ReMoTA e primo anno di attività, nell'ambito della Convenzione di ricerca tra INGV e ITW&LKW Geotermia Italia S.p.A. (Attività di monitoraggio geochimico e sismico degli impianti geotermici pilota di Castel Giorgio – Torre Alfina)

USGS: <http://www.usgs.gov>