



MUSEO CIVICO DI ROVERETO

Workshop in Geofisica (2012)

14.12.2012

---

Monitoraggio in continuo delle acque  
sotterranee nella zona di L'Aquila in  
concomitanza con lo sciame sismico di aprile  
2009: possibili connessioni tra sismicità ed  
emissioni di fluidi sotterranei

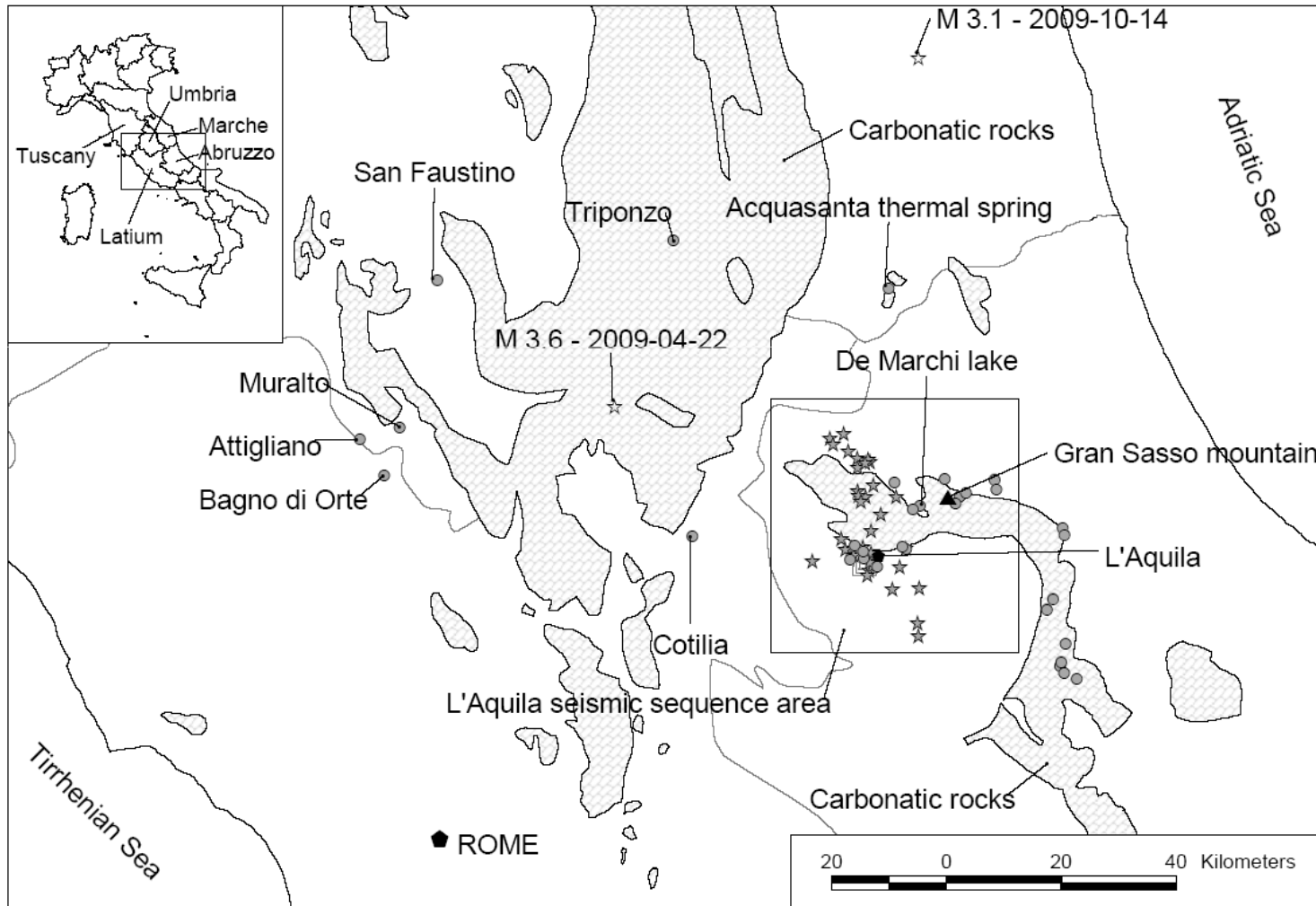
---

Dadomo A., Lemmi M., Martinelli G., Menichetti M., Telesca L.

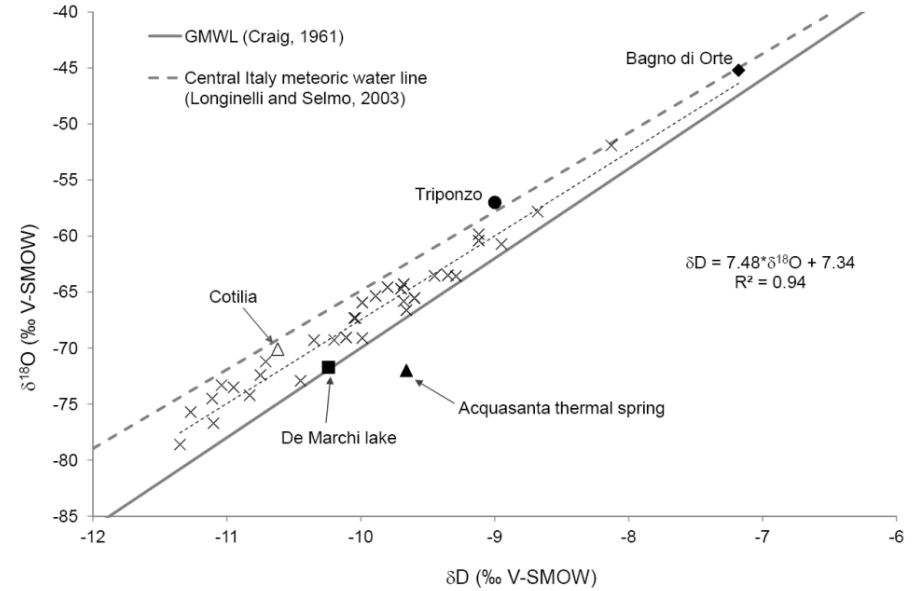
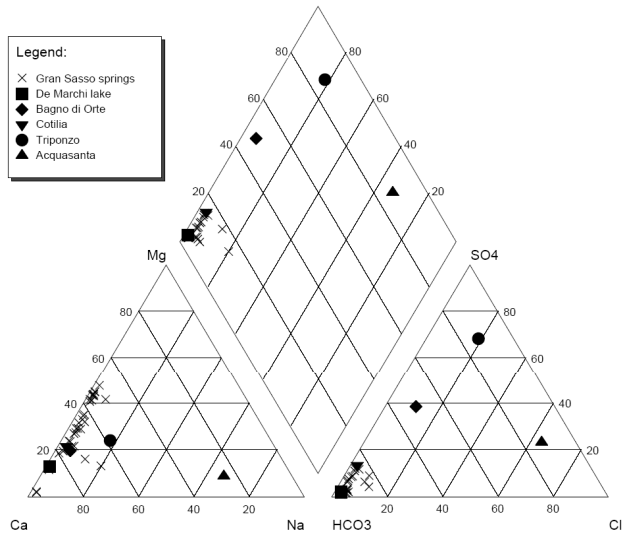
*andrea.dadomo@gmail.com*

<http://dx.doi.org/10.1016/j.chemgeo.2012.07.011>

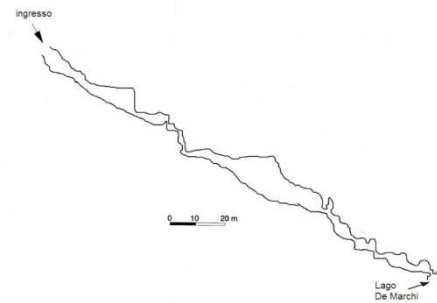
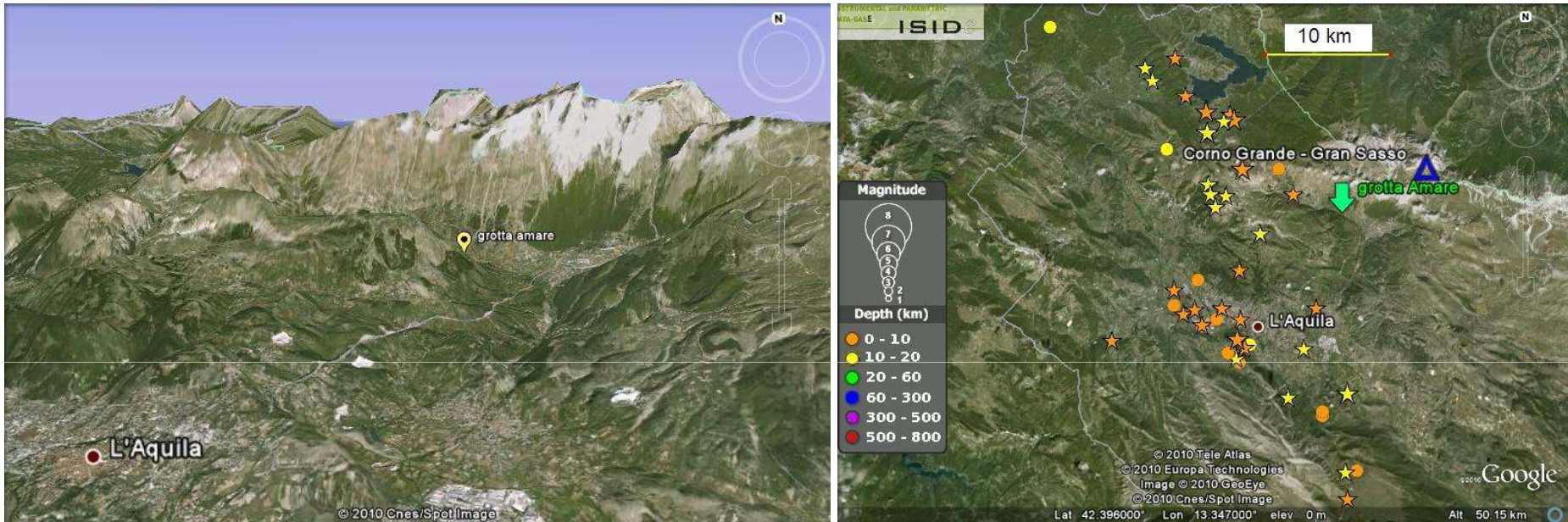
# Area di studio



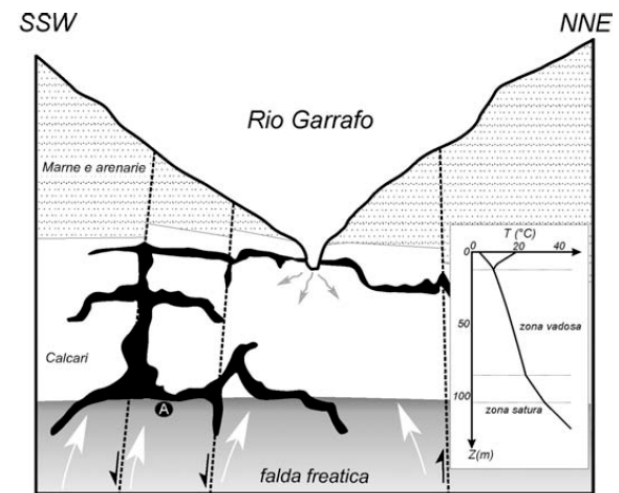
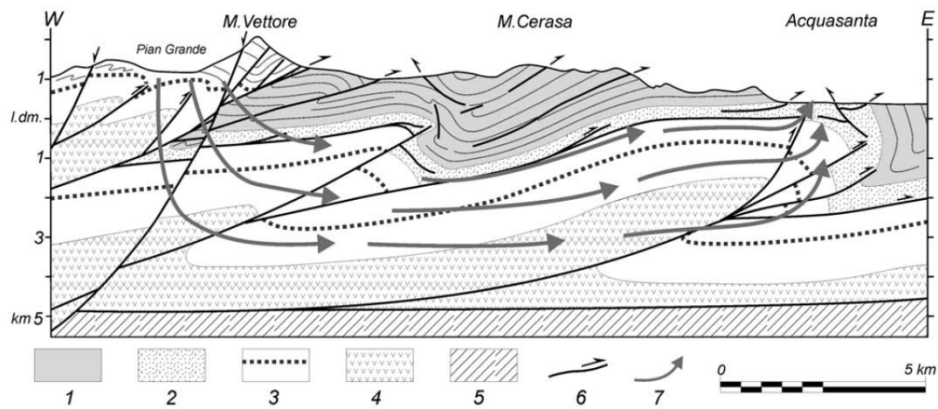
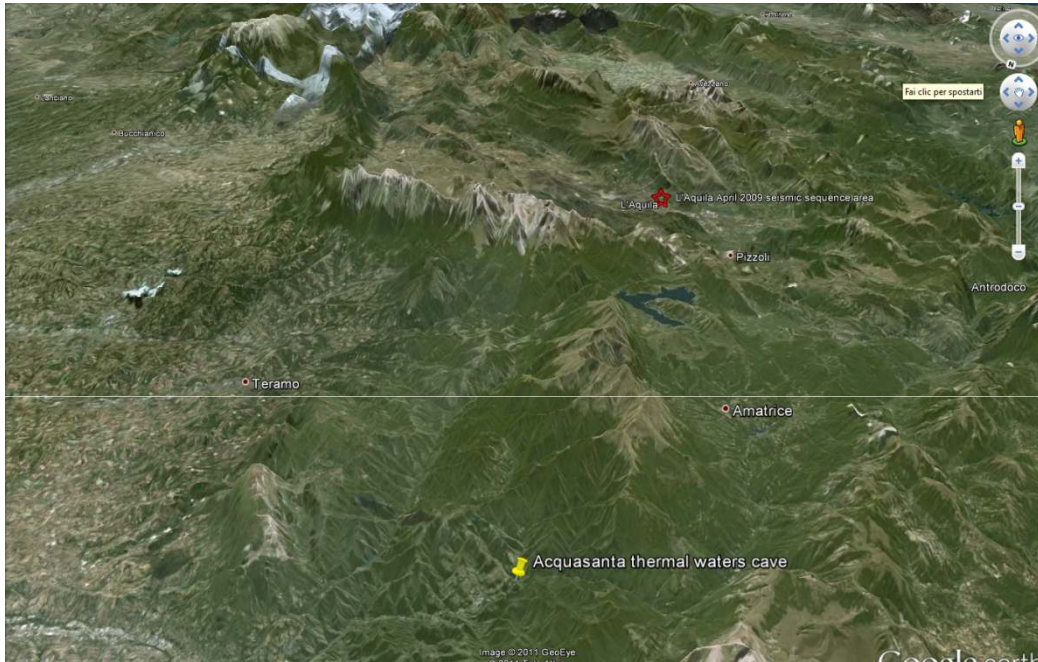
# Caratterizzazione dei fluidi



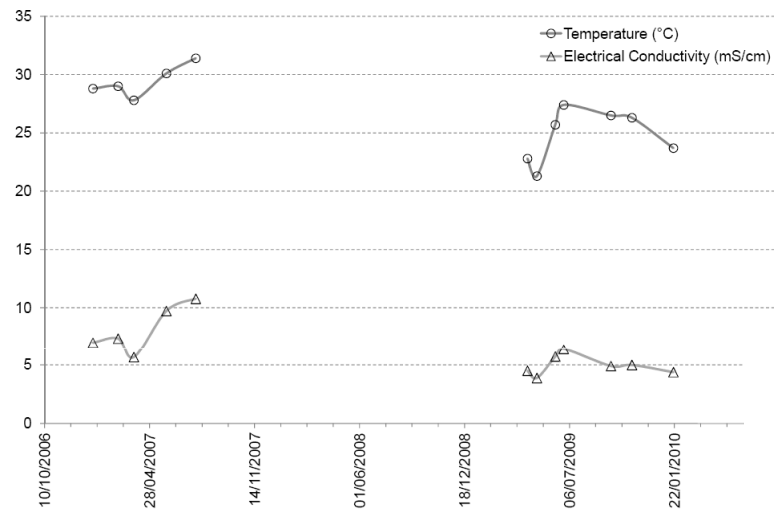
# Grotta Amare – Lago De Marchi



# Acquasanta Terme

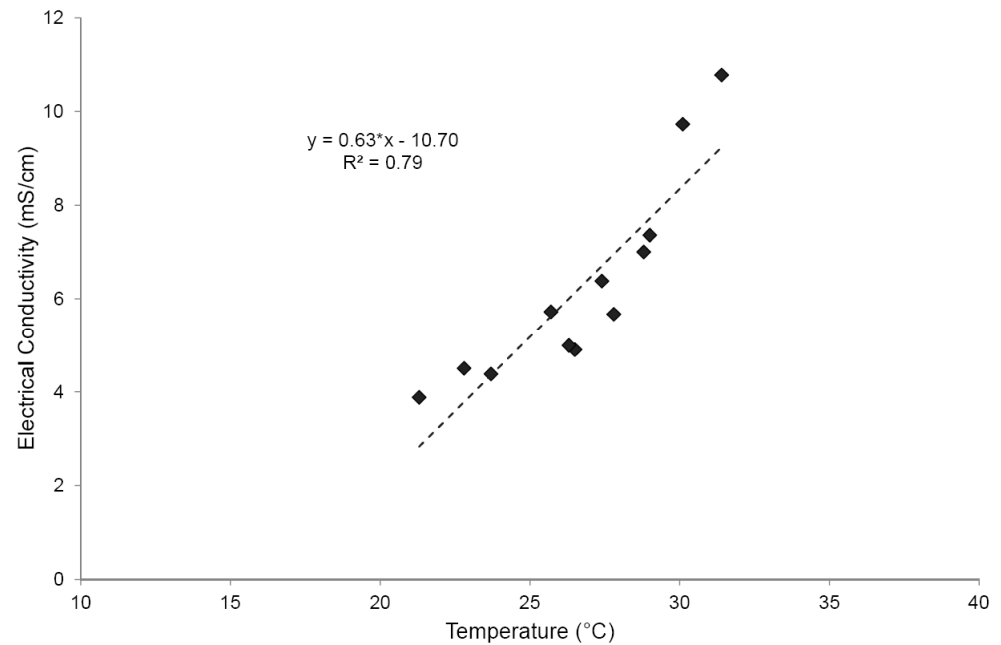


# Acquasanta Terme



La correlazione tra i due parametri suggerisce un possibile mixing di due componenti

Misure spot di temperatura e conducibilità elettrica eseguite nel 2007 e 2009 presso Acquasanta Terme



# Monitoraggio

- **Lago De Marchi** (10/04/2009-16/08/2010)
  - Sonda datalogger nel sifone terminale, parametri acquisiti a 10 metri di profondità, acq. 1 ora:
    - Temperatura, risoluzione 0.1°C
    - Livello, accuratezza 1 cm
- **Acquasanta Terme** (02/2008-02/2011)
  - Termistori in due sifoni, acq. 30 minuti:
    - Temperatura, risoluzione 0.1°C

più alcune misure spot ad Acquasanta negli anni precedenti

# Metodi di analisi

Allo scopo di analizzare le possibili relazioni tra i dati registrati e i terremoti avvenuti nel medesimo periodo, sono state valutate le possibili oscillazioni connesse ai parametri atmosferici (temperatura media, precipitazioni, pressione atmosferica).

## Tecnica utilizzata: Singular Spectrum Analysis (SSA)

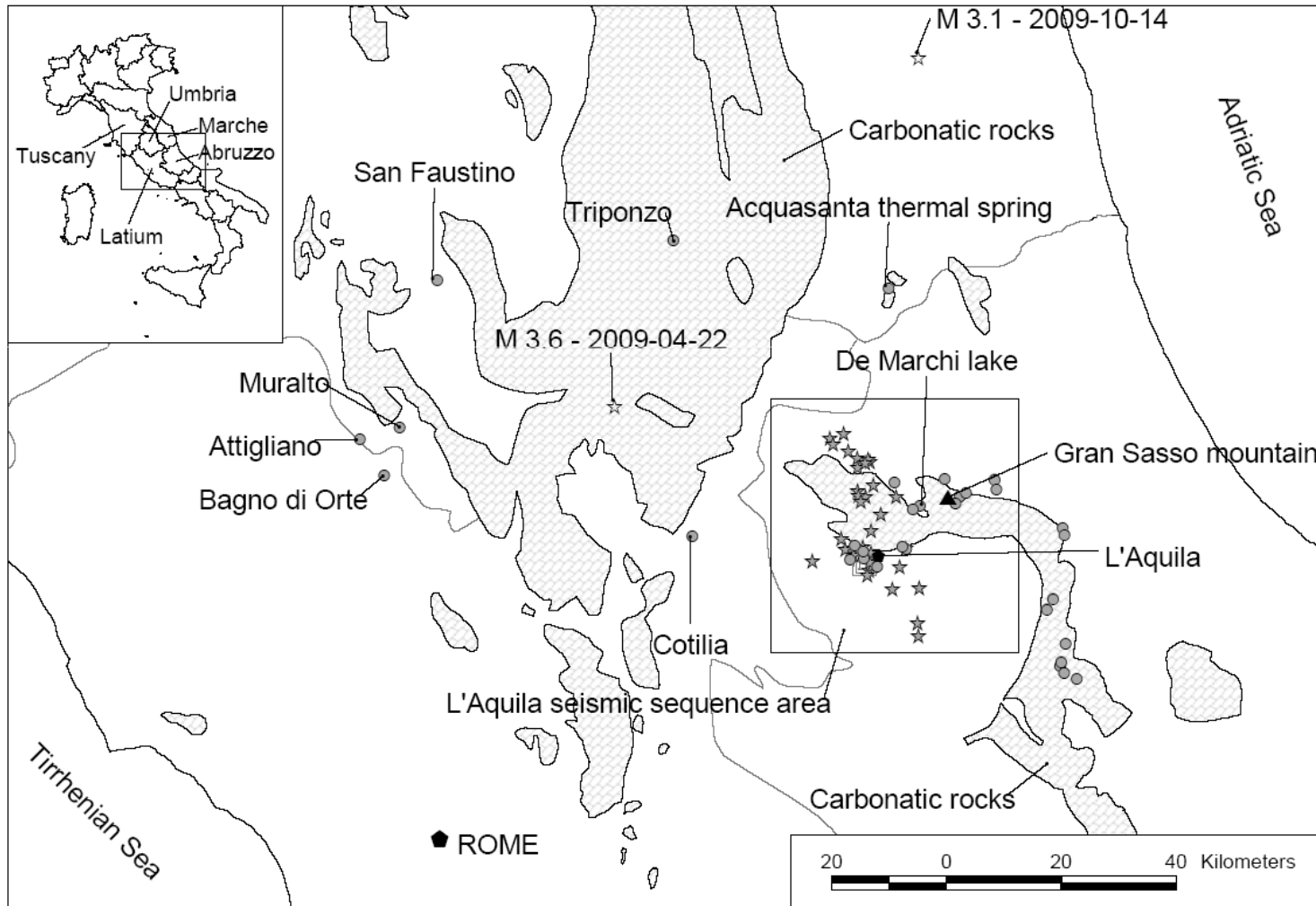
(Hassany H., 2007, Singular Spectrum Analysis: Methodology and comparison. Journal of Data Science, 5, 239-257)

(Vautard R., Yiou P., Ghil M., 1992, Singular-spectrum analysis: A toolkit for short, noisy chaotic signals — Physica D 58, pp.95-126)

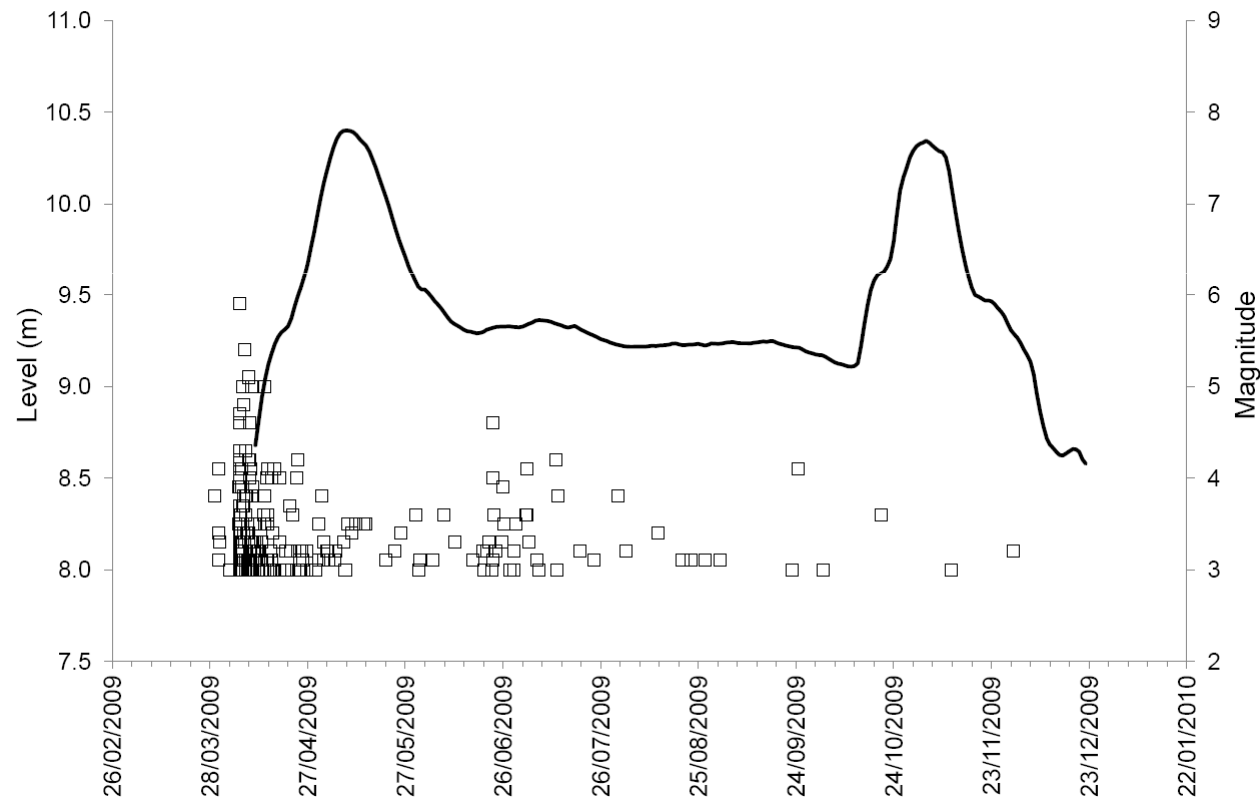
Sono quindi stati analizzati i residui, evidenziando i valori esterni a  $\pm 2\sigma$ .



# Area di studio



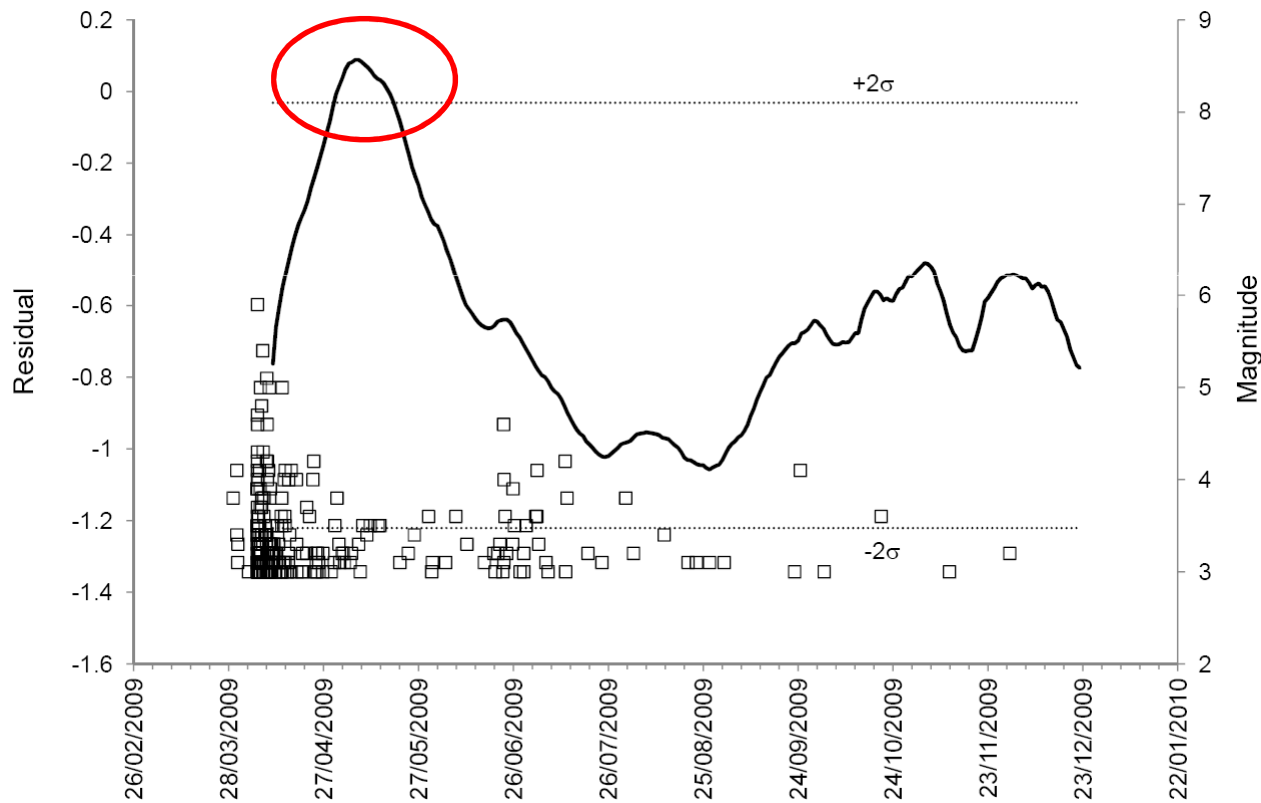
# Grotta Amare – Lago De Marchi



Terremoti  $M_l \geq 3$  entro 50 km di raggio

- acqua fredda
- TDS: 280 mg/kg
- area di ricarica  
circa 1500 m  
s.l.m.m.
- tempo medio di  
residenza 1 anno

# Grotta Amare – Lago De Marchi

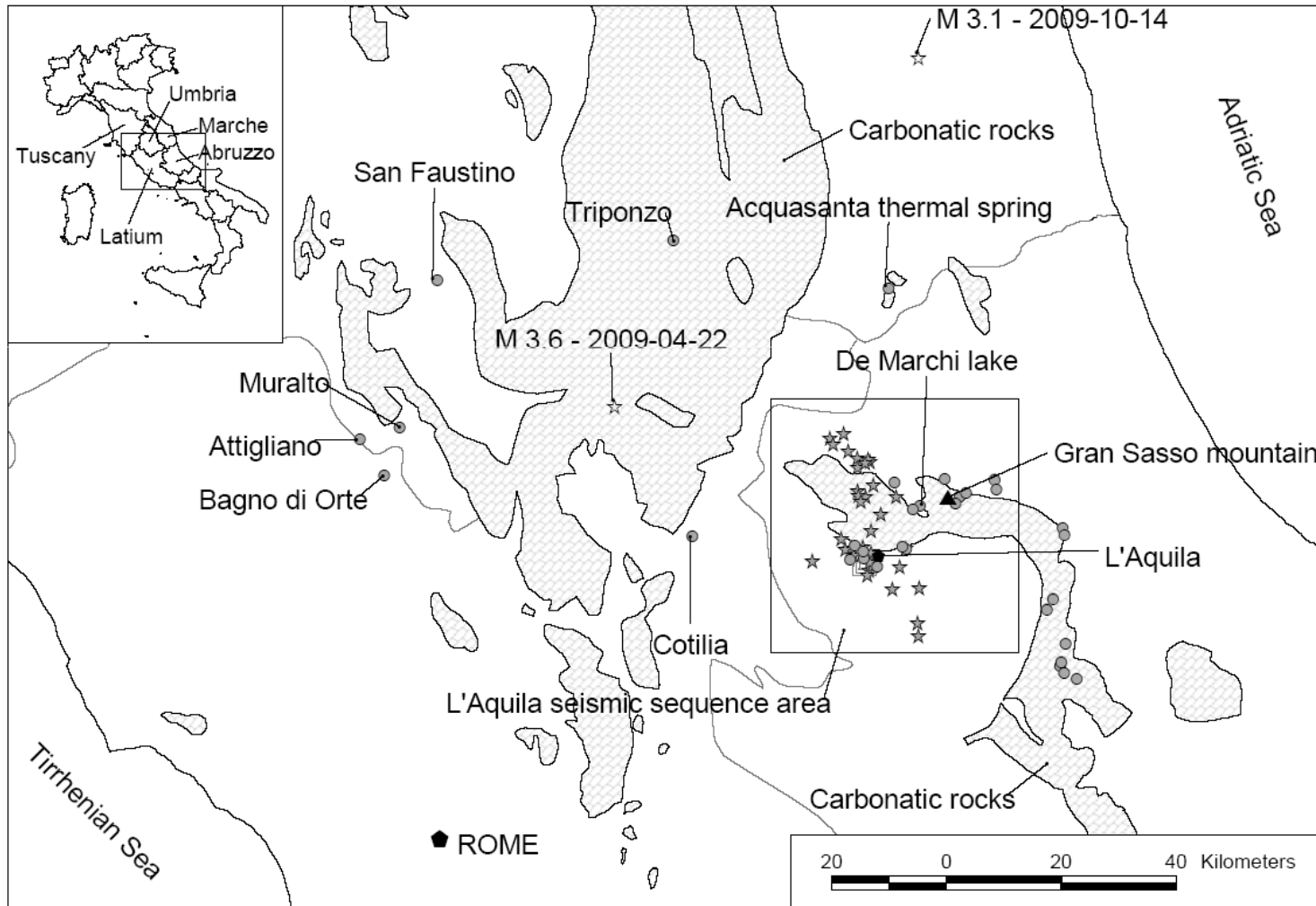


Terremoti  $M_L \geq 3$  entro 50 km di raggio

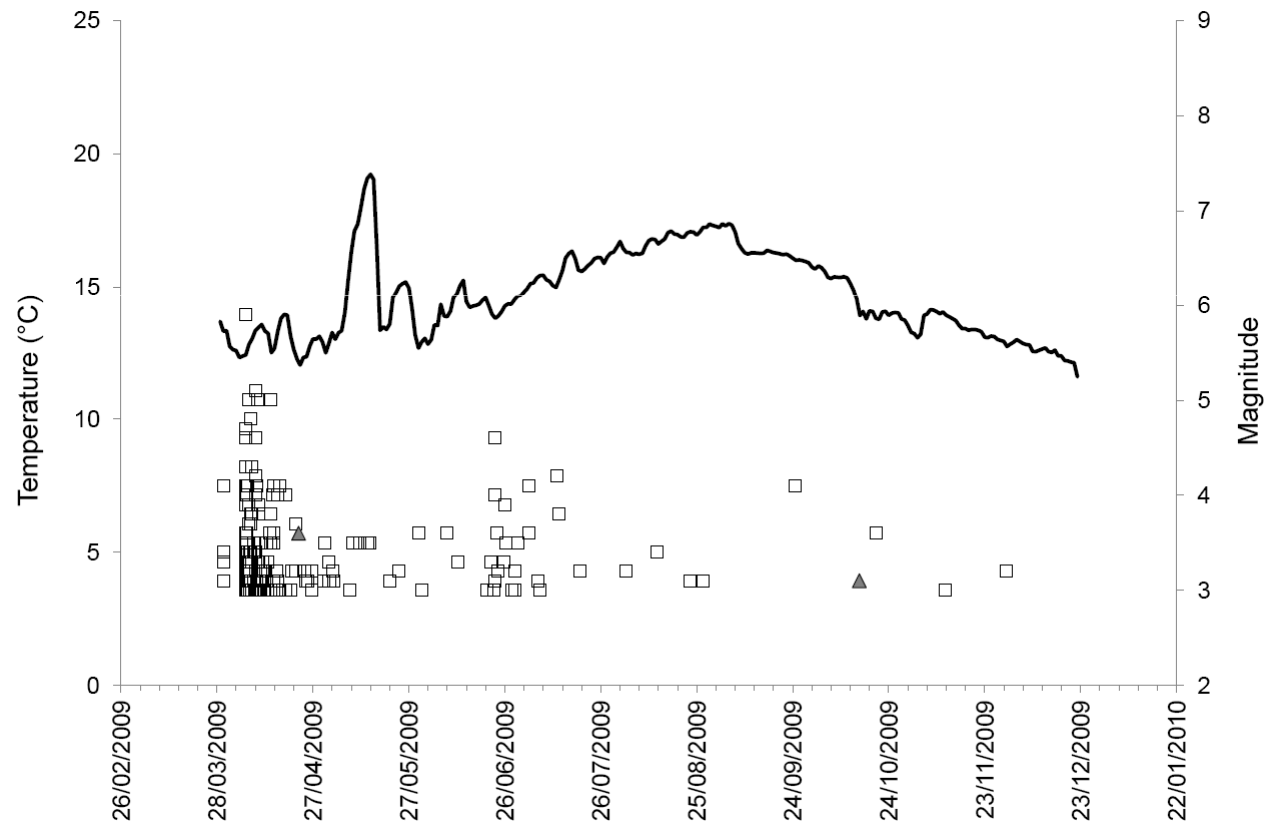
Evidenziata una  
possibile anomalia  
post sismica

Segnali simili rilevati  
anche da Amoruso  
et al., 2011

# Area di studio



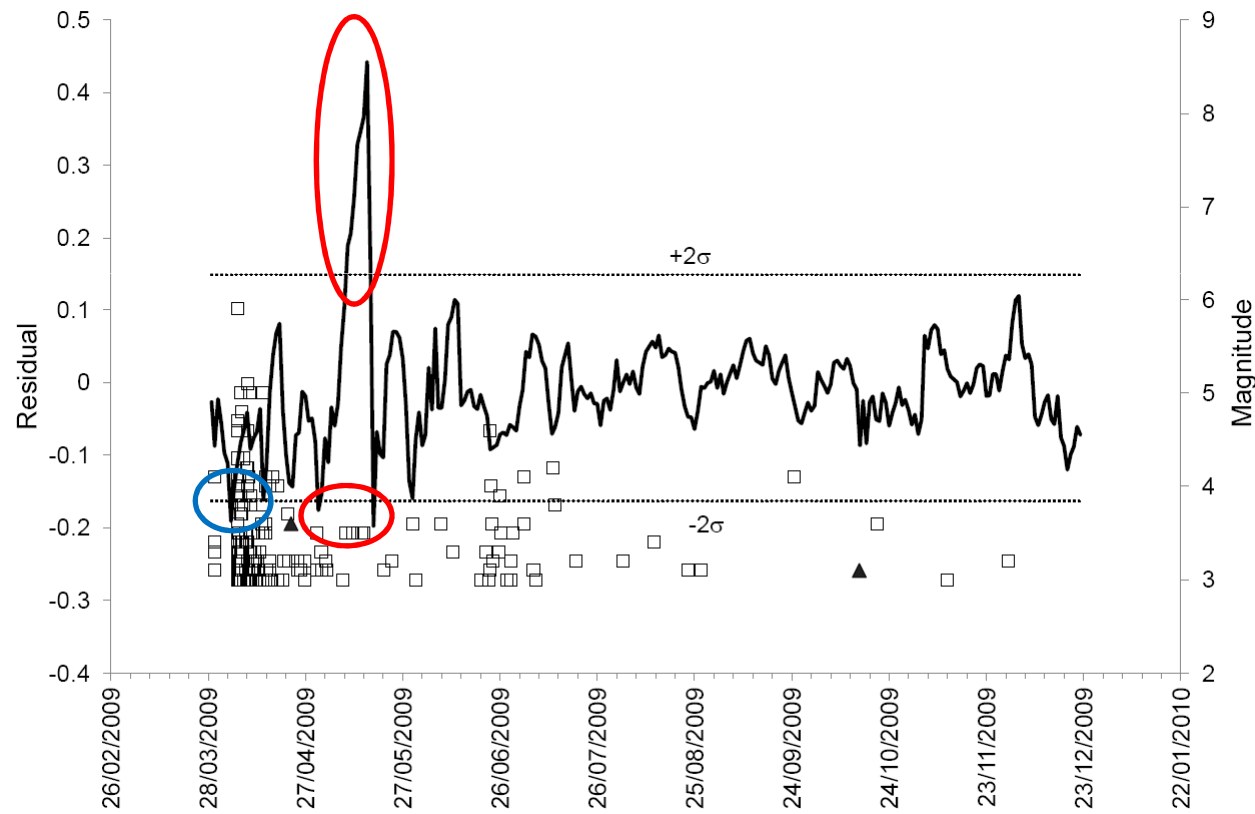
# Acquasanta Terme - Grottalunga



- acqua anomala termicamente (mix)
- area di ricarica circa 1500 m s.l.m.m.
- tempo di residenza medio 10-15 anni
- ricca  $H_2S \rightarrow CO_2$

Terremoti  $M_L \geq 3$  entro 50 km di raggio (□, sequenza Aquilana; ▲, extra sequenza)

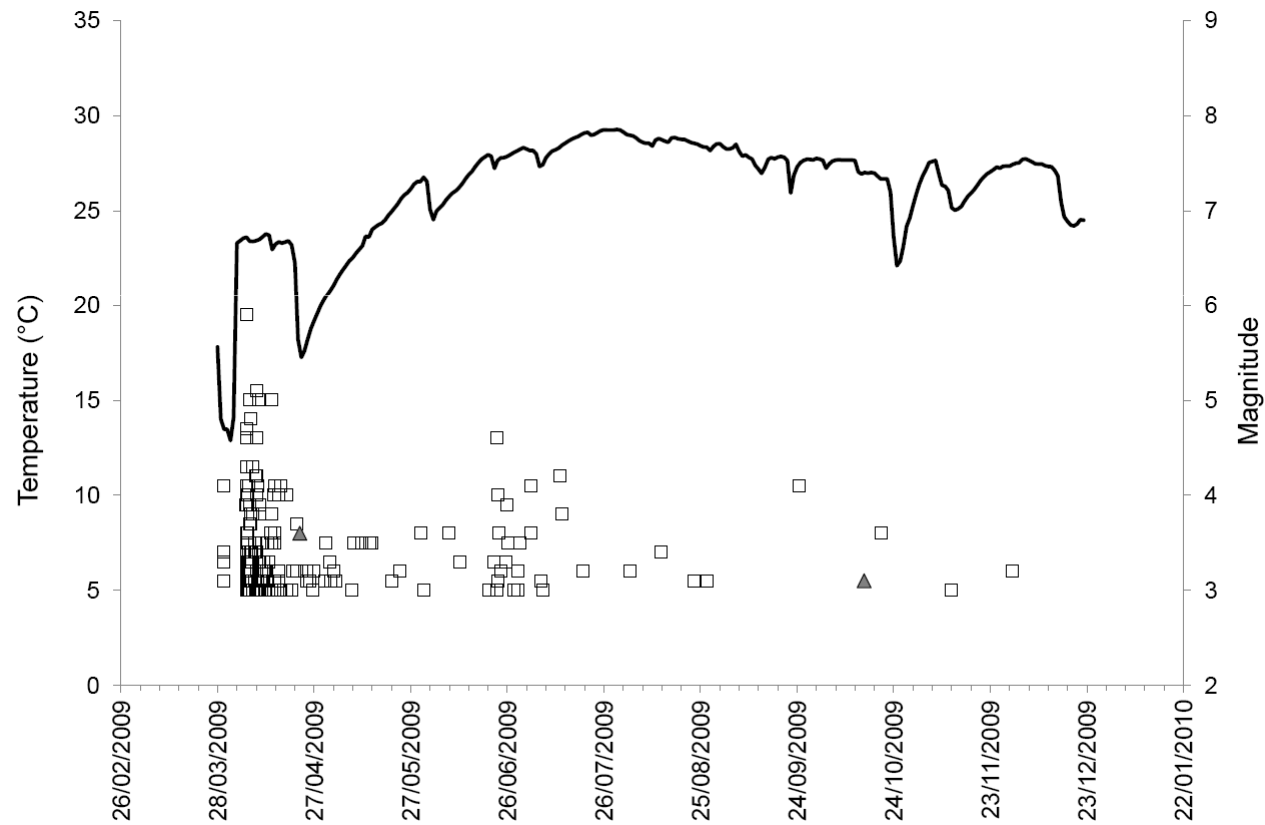
# Acquasanta Terme - Grottalunga



Evidenziate alcune  
possibili anomalie  
cosismiche e post  
sismiche

Terremoti  $M_L \geq 3$  entro 50 km di raggio (□, sequenza Aquilana; ▲, extra sequenza)

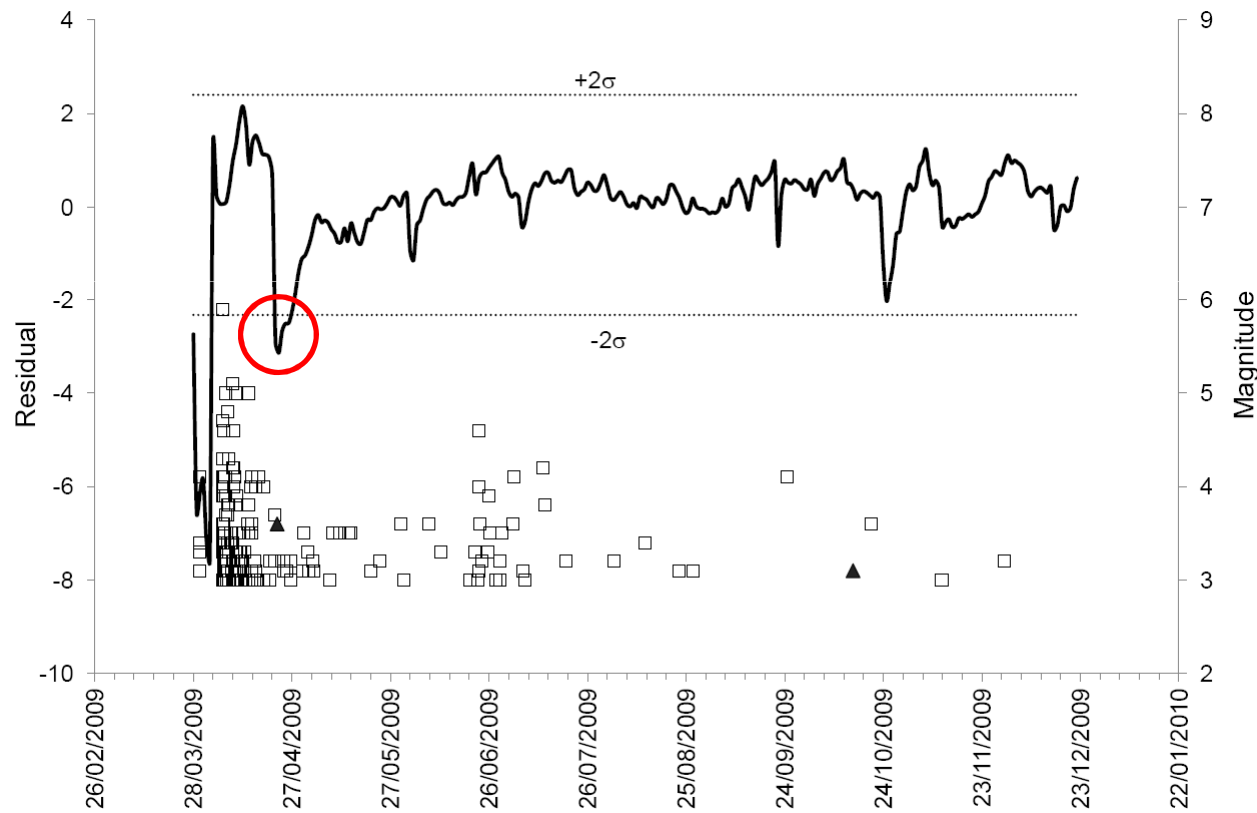
# Acquasanta Terme – Sulfurea



- acqua anomala termicamente (mix)
- area di ricarica circa 1500 m s.l.m.m.
- tempo di residenza medio 10-15 anni
- ricca  $\text{H}_2\text{S} \rightarrow \text{CO}_2$

Terremoti  $M_L \geq 3$  entro 50 km di raggio (□, sequenza Aquilana; ▲, extra sequenza)

# Acquasanta Terme – Sulfurea

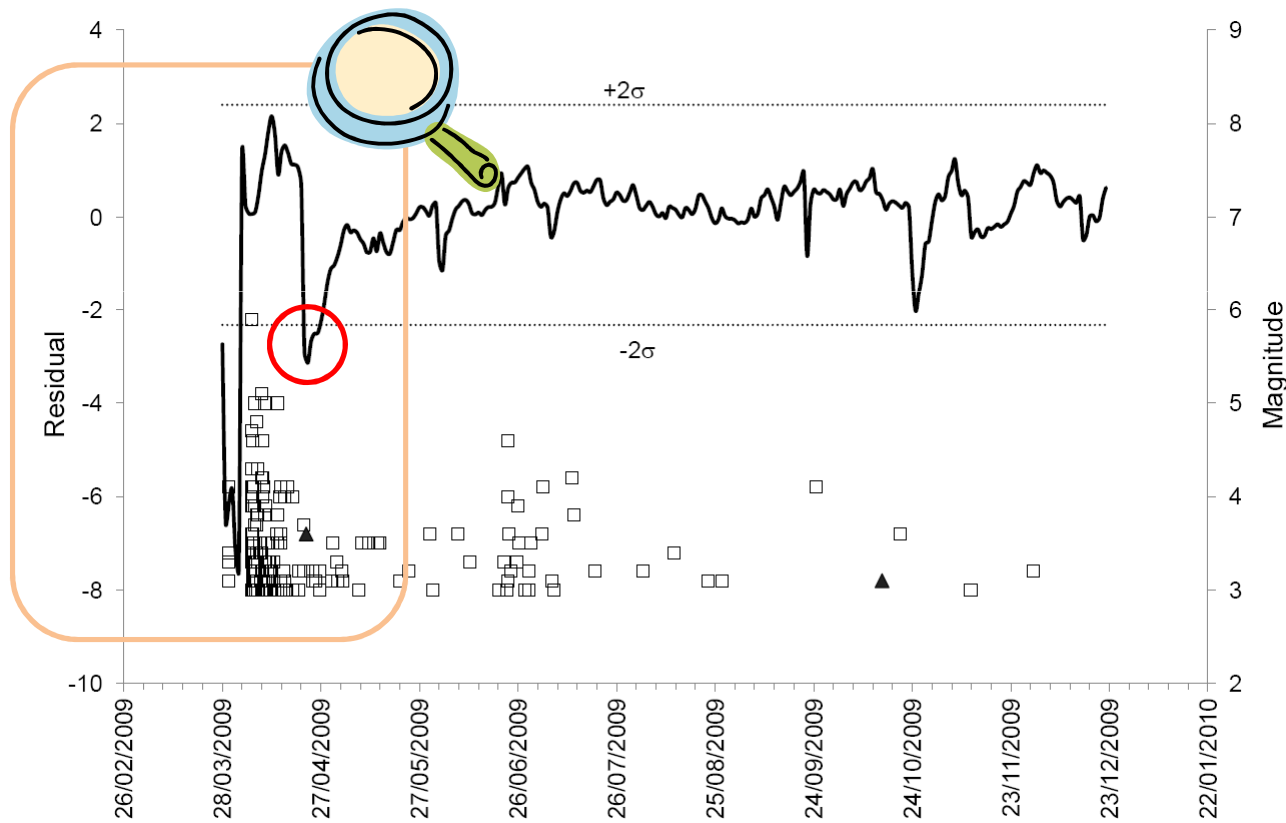


Evidenziata una  
possibile anomalia  
post/co sismica

Terremoti  $M_L \geq 3$  entro 50 km di raggio ( $\square$ , sequenza Aquilana;  $\blacktriangle$ , extra sequenza)



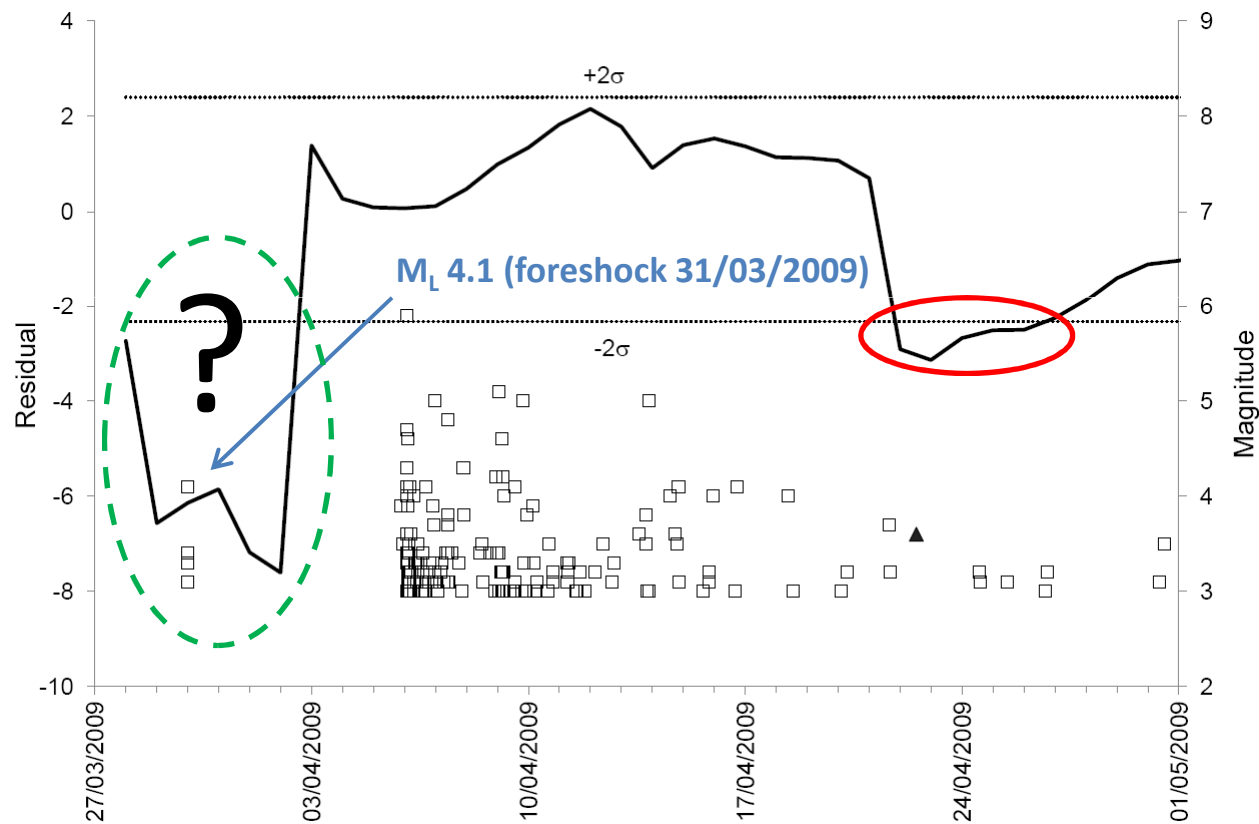
# Acquasanta Terme – Sulfurea



Evidenziata una  
possibile anomalia  
post/co sismica

Terremoti  $M_L \geq 3$  entro 50 km di raggio ( $\square$ , sequenza Aquilana;  $\blacktriangle$ , extra sequenza)

# Acquasanta Terme – Sulfurea

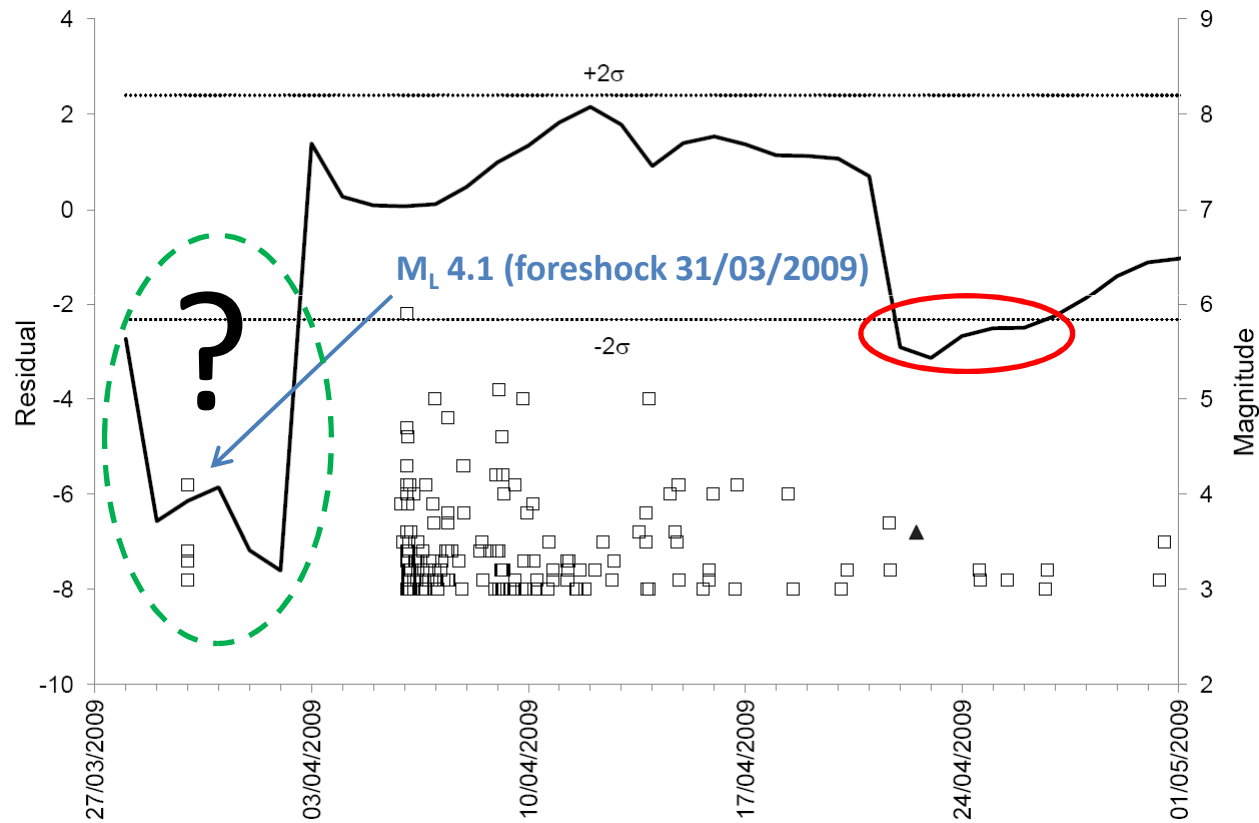


Evidenziata una anomalia; inizia circa un giorno prima del  $M_L$  4.1 della serie Aquilana.

Non ci sono scosse nei pressi di Acquasanta Terme..

Terremoti  $M_L \geq 3$  entro 50 km di raggio ( $\square$ , sequenza Aquilana;  $\blacktriangle$ , extra sequenza)

# Acquasanta Terme – Sulfurea



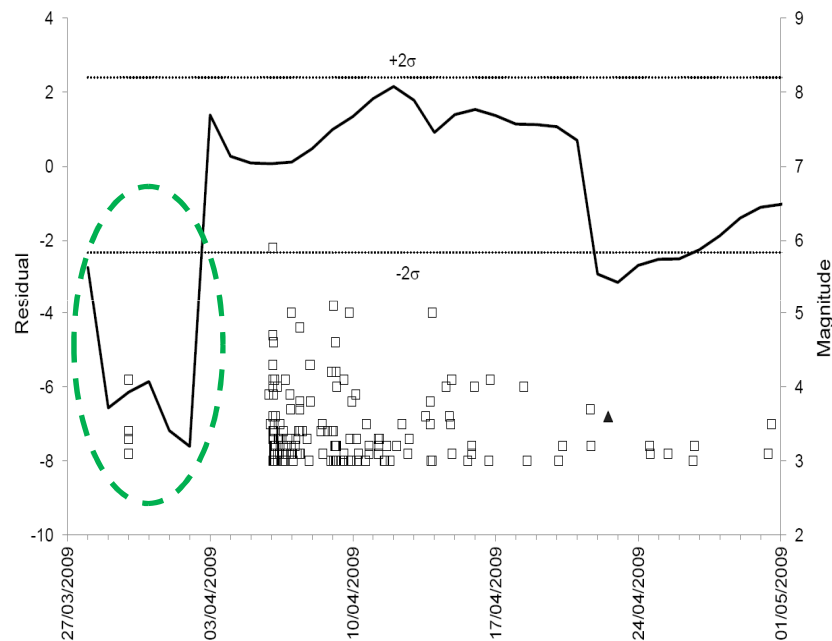
Terremoti  $M_L \geq 3$  entro 50 km di raggio ( $\square$ , sequenza Aquilana;  $\blacktriangle$ , extra sequenza)

..e non sono stati segnalati processi di deformazione crostale nell'area epicentrale prima della scossa principale.

Tuttavia è stata evidenziata da satellite una possibile emissione di CO<sub>2</sub> a livello di area vasta prima dell'evento principale.

E' indiziata la forte emissione di Cotilia, molto vicina all'epicentro, quale origine dell'anomalia su area vasta. Sfortunatamente nessuno aveva strumentazione in loco..

# Acquasanta Terme – Sulfurea



L'espulsione di acque calde in grado di generare le anomalie registrate in Acquasanta, o di gas registrato con tecniche satellitari (Bonfanti et al., 2012) prima dello sciame sismico de L'Aquila, è possibile solo con fenomeni di pompaggio tettonico (per una rassegna , Roeloffs, 1996, Wang e Manga, 2010) che, se si sono verificati, erano probabilmente al di sotto dei limiti di rilevabilità della strumentazione GPS attiva e non efficaci in area epicentrale.

Eventuali fenomeni tettonici di pompaggio erano probabilmente efficaci alcuni chilometri dalla zona epicentrale come osservato in aree diverse Roeloffs (2006).

# Conclusioni

- sono state osservate alcune anomalie co-sismiche e post-sismiche in alcune sorgenti carsiche dell'Italia Centrale
- una possibile anomalia pre-sismica è stata individuata nella Grotta Sulfurea del sistema carsico di Acquasanta Terme,
  - non confermata da fenomeni di deformazione crostale precedenti al mainshock
  - supportata da un innalzamento anomalo della concentrazione CO<sub>2</sub> rilevata da satellite
- sono indiziati possibili fenomeni di pompaggio tettonico al di sotto della capacità di misura dei sistemi GPS, già censiti in bibliografia in altre aree

L'utilizzo del monitoraggio continuo delle acque sotterranee si conferma un buon metodo per identificare possibili anomalie di origine sismica nella circolazione/emissione di fluidi profondi.

Per questo motivo...

# Sviluppi..

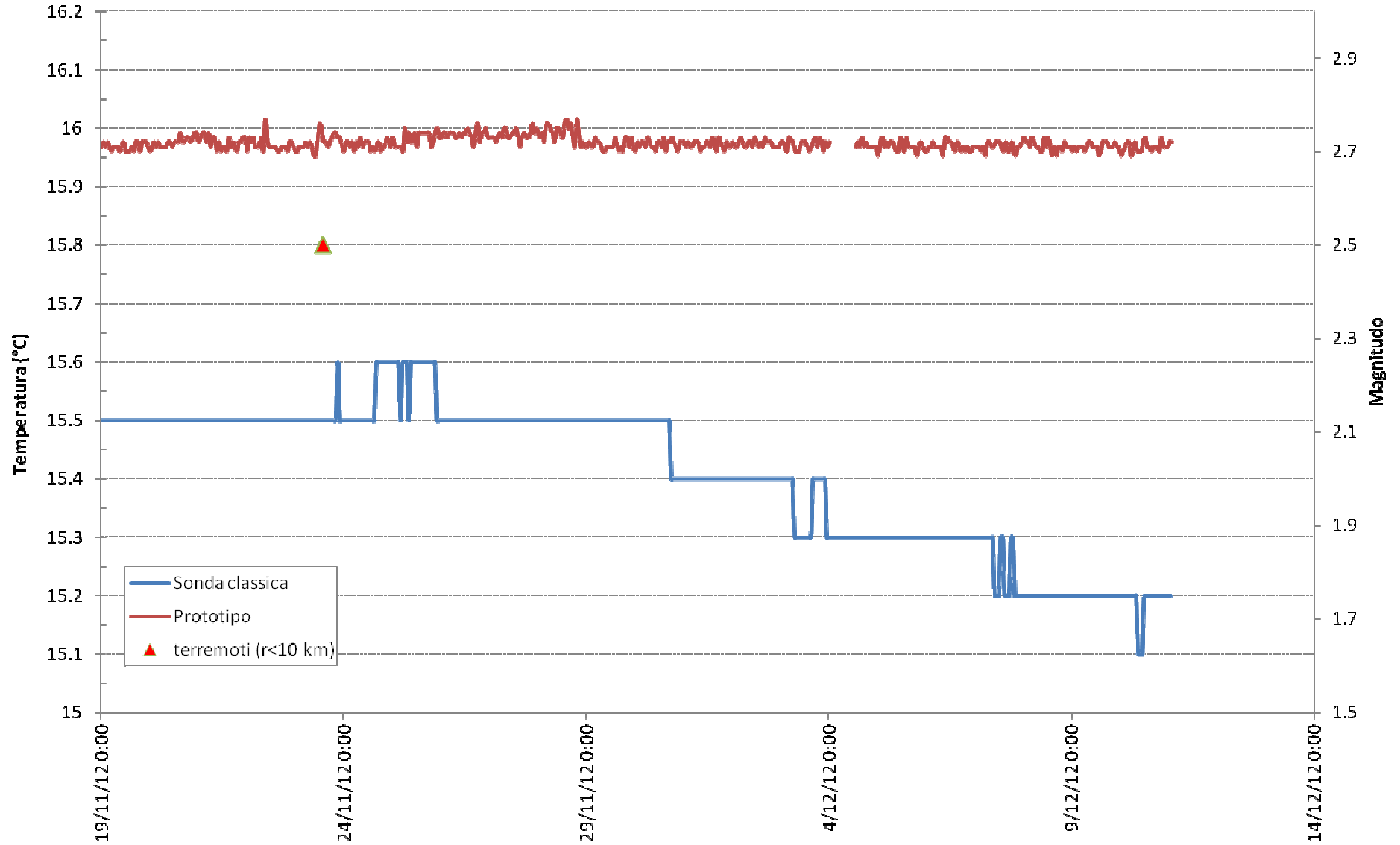
## *Problemi emersi:*

- bassa sensibilità della strumentazione utilizzata
- perdita di eventuali segnali a bassa magnitudo
- scarsa profondità di misura → influenza della temperatura esterna in applicazioni di pozzo

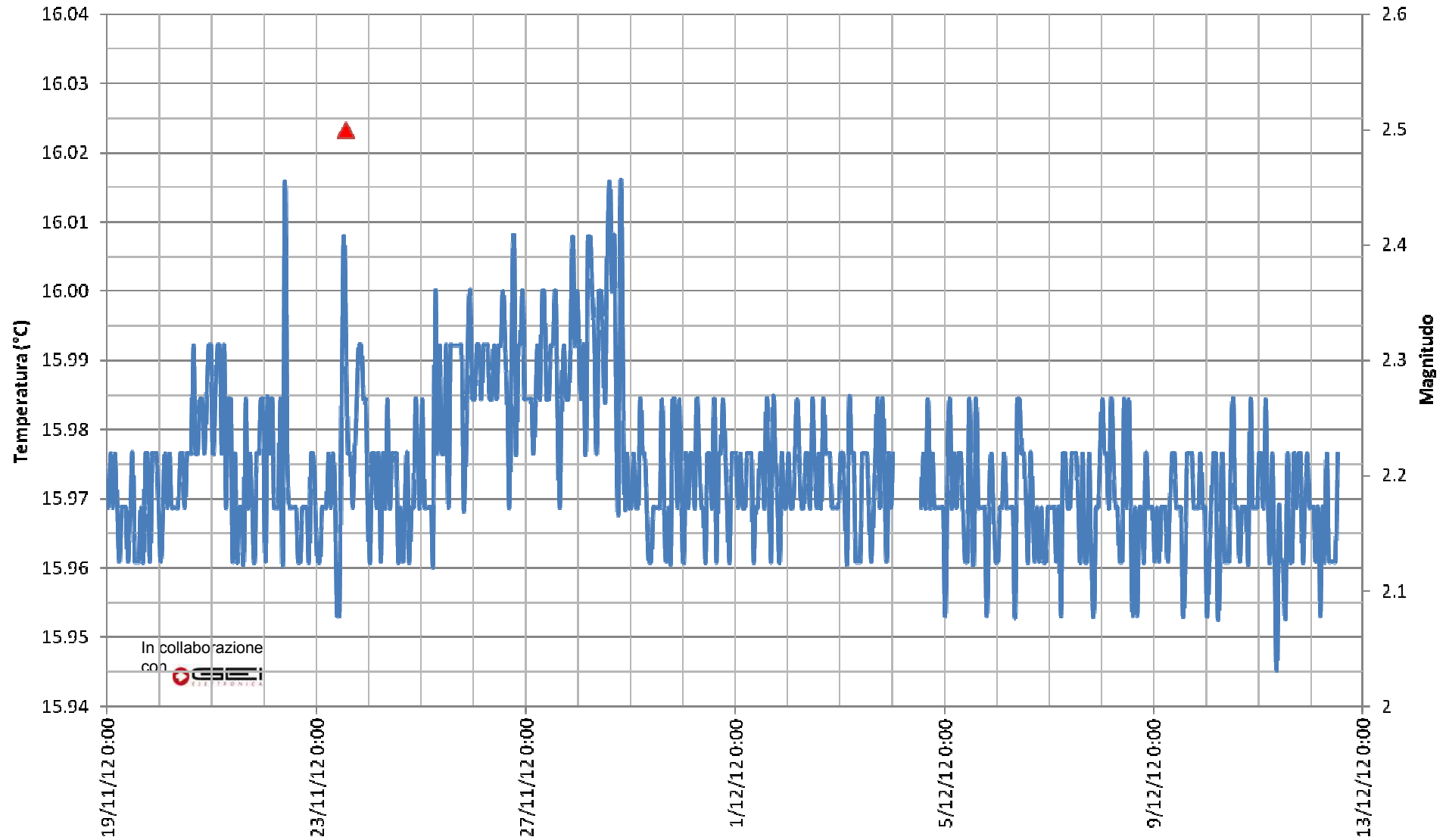
## *Rimedi:*

- attualmente in corso la fase di test di un sensore di temperatura di precisione:
  - risoluzione 0.008 °C
  - accuratezza +/- 0.016 °C
  - profondità attuale di test: 130 m
- tendenzialmente ad un costo abbordabile..

# Sviluppi..

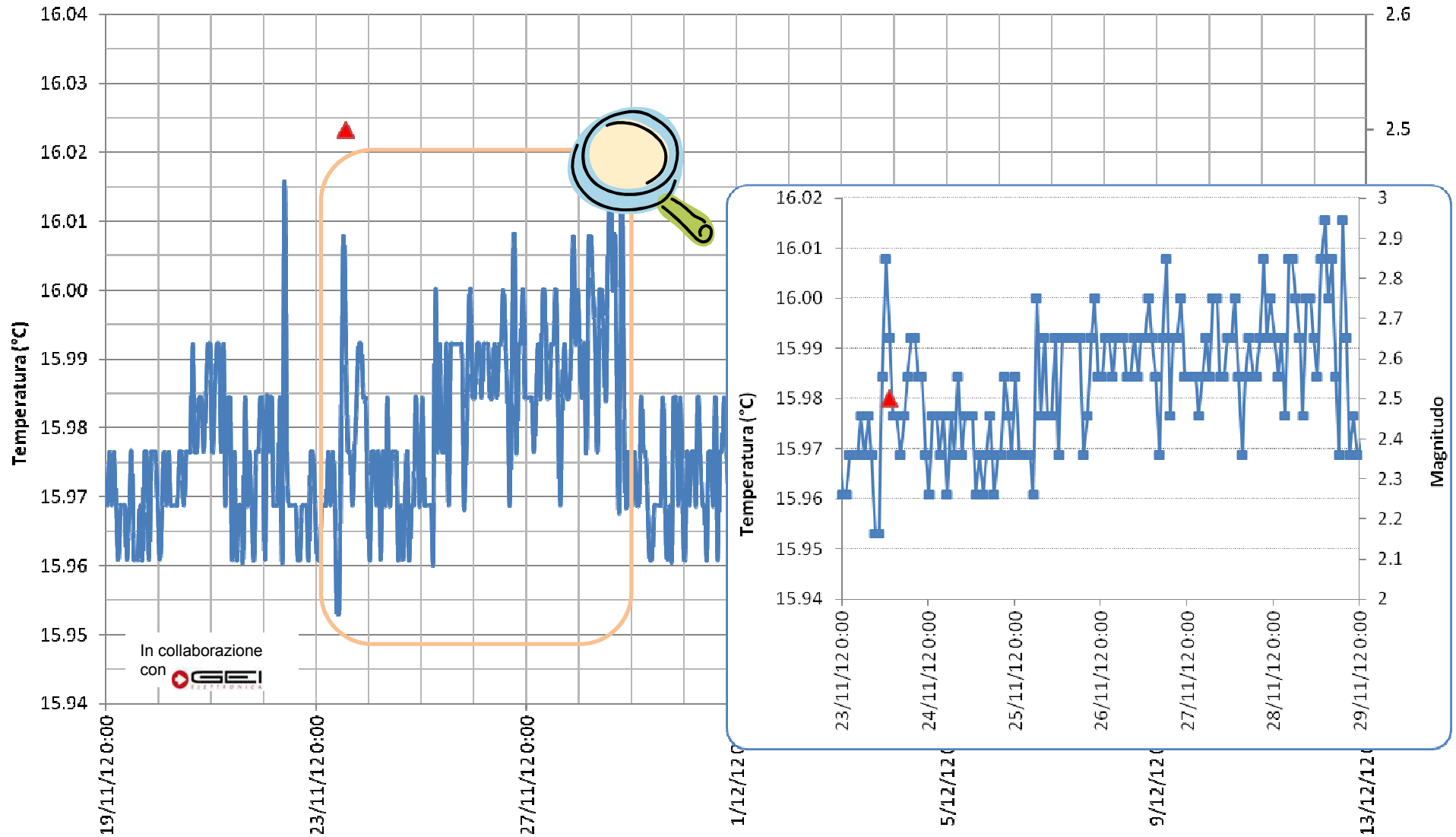


# Sviluppi..





# Sviluppi..



Grazie per l'attenzione