

Accordo Quadro DPC-INGV 2012-2021, All. B2 - WP 2 (Vulcani) - Task 7

Stima quantitativa e modellazione della dipendenza statistica di sismicità ed eruzioni all'Etna, sulla base dei dati storici, con particolare attenzione al possibile legame tra terremoti maggiori ed eruzioni laterali

Centro di Pericolosità Vulcanica (CPV)

Analisi statistiche sui cataloghi storici di eruzioni e terremoti

Andrea Bevilacqua⁽¹⁾, Raffaele Azzaro⁽²⁾, Stefano Branca⁽²⁾, Augusto Neri⁽¹⁾, Franco Flandoli⁽³⁾, Salvatore D'Amico⁽²⁾, Emanuela De Beni⁽²⁾

- (1) *Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia, Pisa, Italy*
- (2) *Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia, Catania, Italy*
- (3) *Scuola Normale Superiore, Pisa, Italy.*



PROTEZIONE CIVILE
Presidenza del Consiglio dei Ministri
Dipartimento della Protezione Civile

INGV

WP5

analisi statistiche su cataloghi storici
eruzioni/terremoti

Obiettivi

Stima della dipendenza statistica fra **terremoti maggiori** ed **eruzioni laterali** all'Etna, attraverso lo studio dei tempi di ricorrenza.

Se le serie storiche degli ultimi 170 anni sono rappresentative dell'attività futura, abbiamo stimato:

- **quanto è l'incremento** del tasso di probabilità dei terremoti maggiori nei mesi dopo l'inizio o la fine di una eruzione laterale, e viceversa;
- **per quanto tempo dura** l'incremento prima che i tassi di probabilità ritornino nella media;
- **dove sono più probabili** i terremoti maggiori preceduti dalle eruzioni laterali, o preceduti da terremoti in altri settori.

WP5

analisi statistiche su cataloghi storici
eruzioni/terremoti

Modello di analisi statistica

Abbiamo considerato due cataloghi storici nell'intervallo di tempo **1850-2018**:

- il **catalogo macrosismico dei terremoti etnei** (CMTE)
- il **catalogo delle eruzioni laterali dell'Etna**.

In particolare, abbiamo descritto:

- i **tassi temporali** di terremoti maggiori ed eruzioni laterali;
- la statistica delle **differenze temporali** fra i terremoti maggiori e le eruzioni laterali;
- i tassi dei terremoti in **finestre temporali centrate** nei tempi delle eruzioni laterali.

Abbiamo ripetuto le analisi all'interno di **gruppi spaziali** di terremoti ed eruzioni.

Il software di analisi statistica, scritto utilizzando il linguaggio *R*, verrà consegnato come prodotto scientifico.

Serie storica dei terremoti maggiori all'Etna

Task 7 – Etna

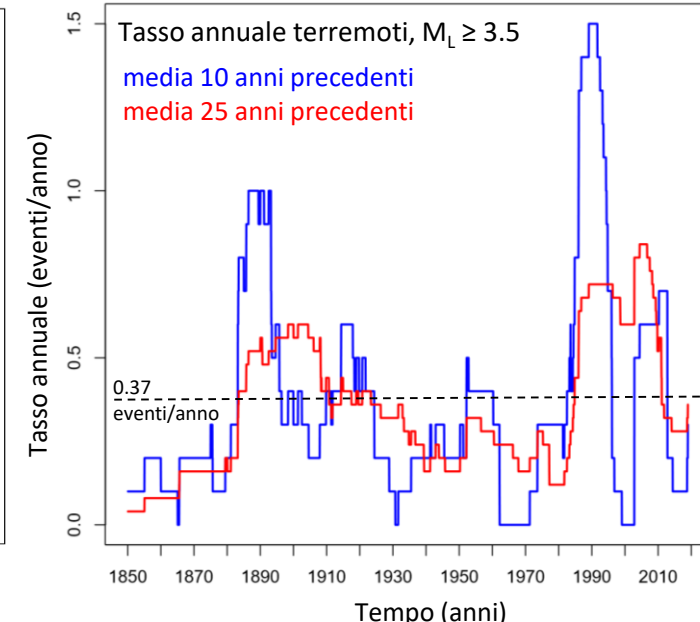
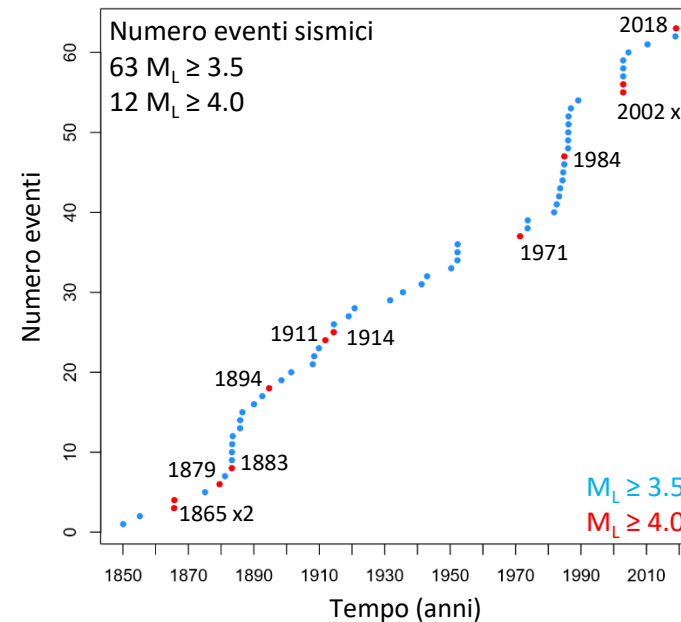
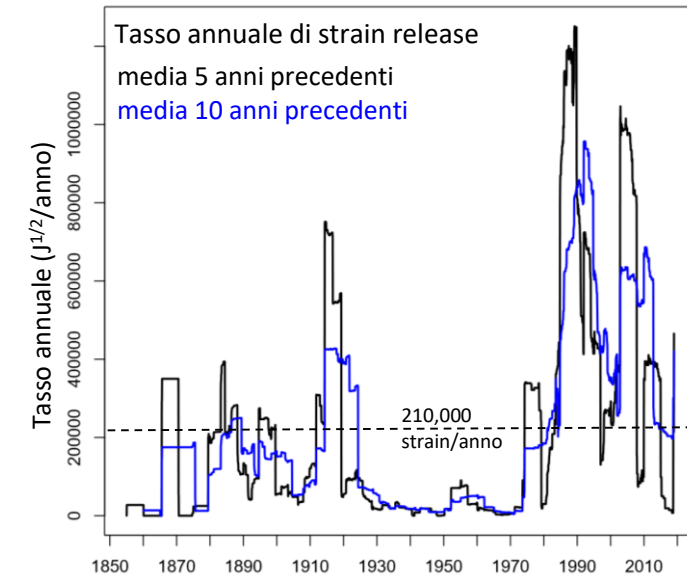
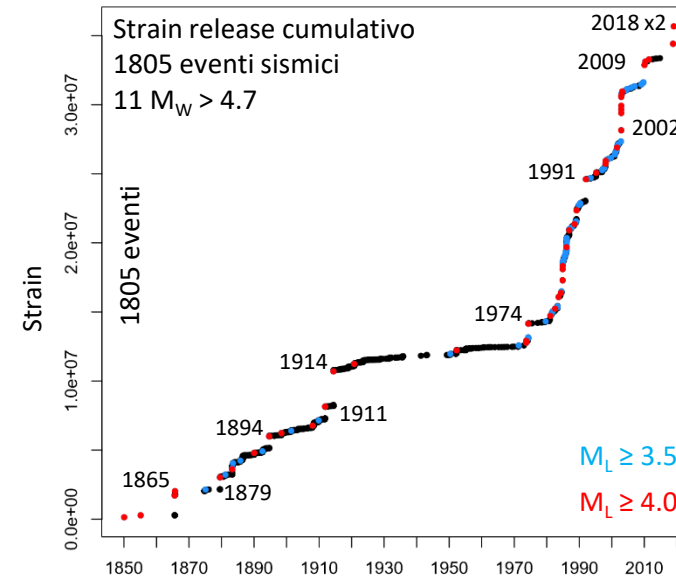
WP5

analisi statistiche su cataloghi storici eruzioni/terremoti

La serie storica mostra **due periodi** con terremoti **più frequenti ed energetici**, ed uno a più bassa sismicità fra il 1920 e il 1970.

Per la parte pre-strumentale del catalogo, la magnitudo M_L è stimata dal dato macrosismico (Azzaro et al. 2011).

I terremoti maggiori, $M_L \geq 3.5$ (int. ep. $I_0 \geq VI-VII$ MCS), sono in media **uno ogni 2.7 anni**, con picchi ≥ 1.0 eventi/anno nei periodi 1880-90 e 1980-90.



Serie storica delle eruzioni laterali all'Etna

Task 7 – Etna

WP5

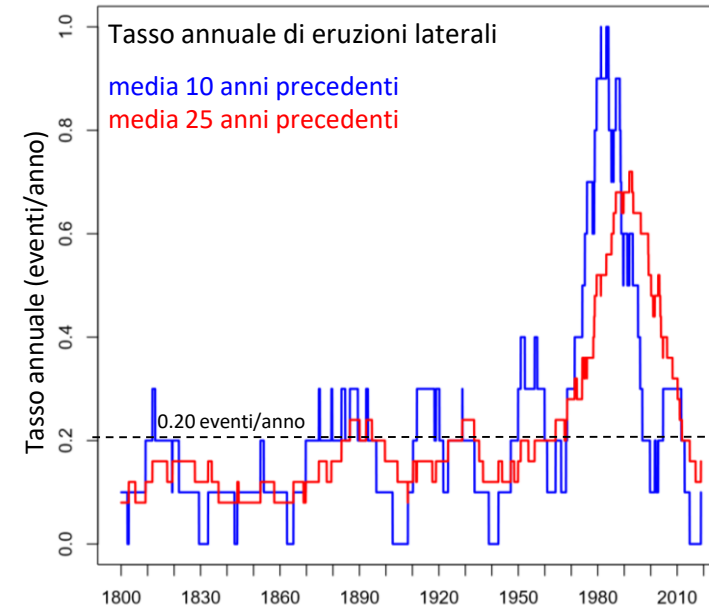
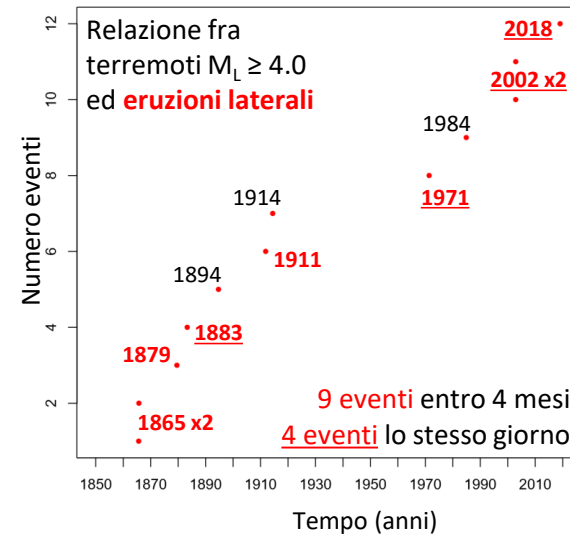
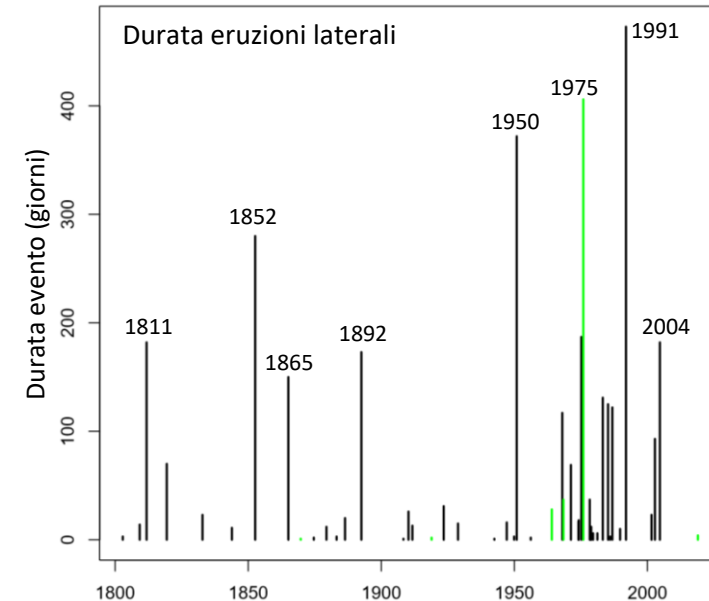
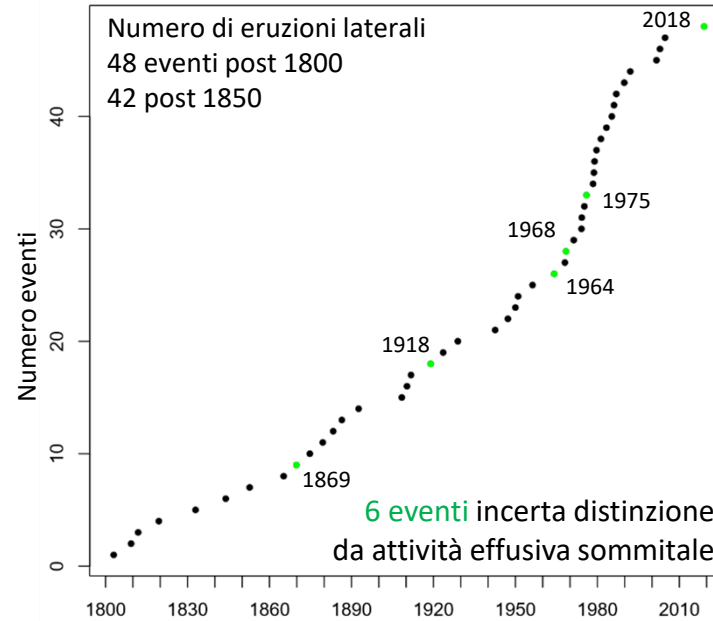
analisi statistiche su cataloghi storici eruzioni/terremoti

La serie storica mostra **un periodo** con eruzioni laterali **più frequenti** (1970 al 1990).

In media, c'è **una eruzione ogni 5 anni** dal 1800, con un picco fino a 1.0 eventi/anno nel periodo 1970-90.

Il **33% delle eruzioni laterali** è entro ± 4 mesi da terr. di $M_L \geq 3.5$, il 17% da ev. di $M_L \geq 4.0$.

Viceversa, il **44%** dei terr. di $M_L \geq 3.5$ è entro ± 4 mesi da inizio eruzione laterale, il **58%** di quelli di $M_L \geq 4.0$.



Differenze temporali fra terremoti ed eruzioni

Task 7 – Etna

WP5

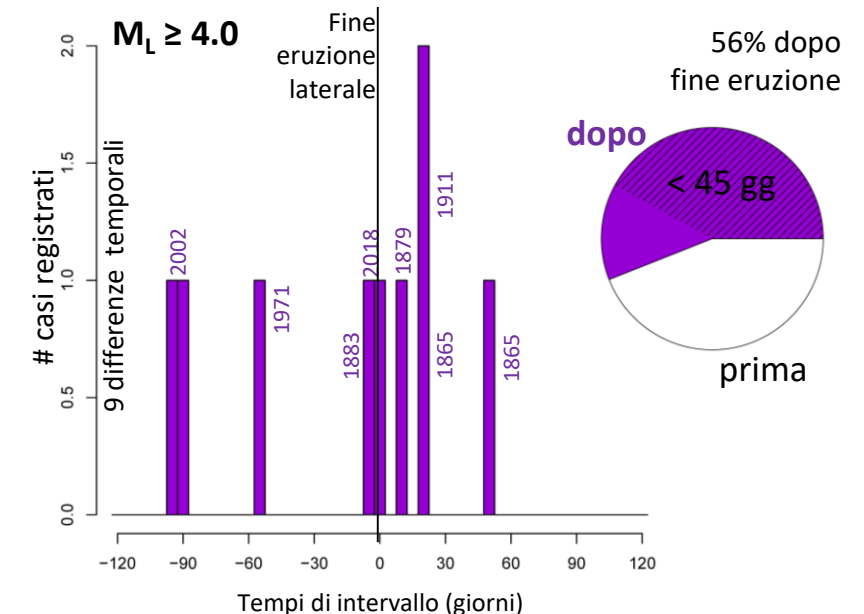
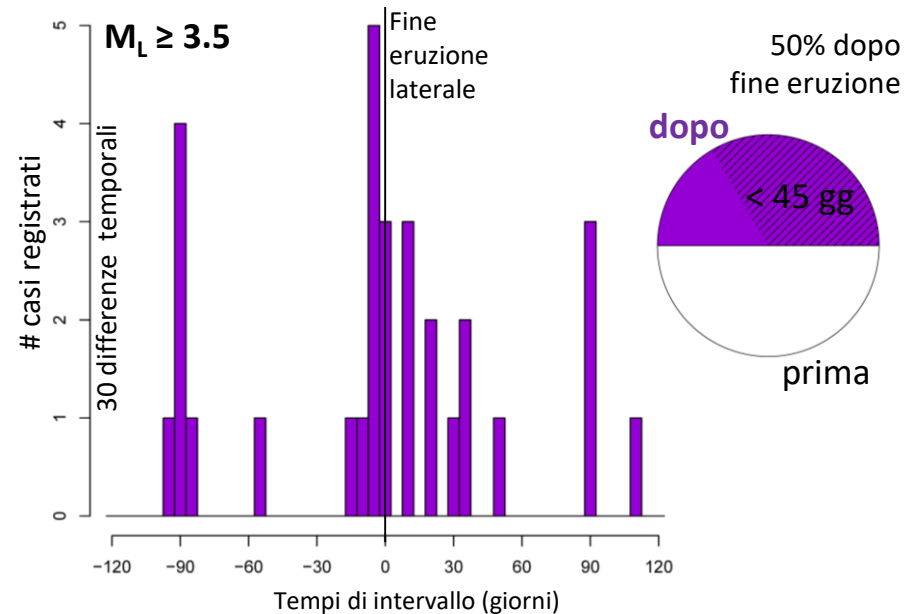
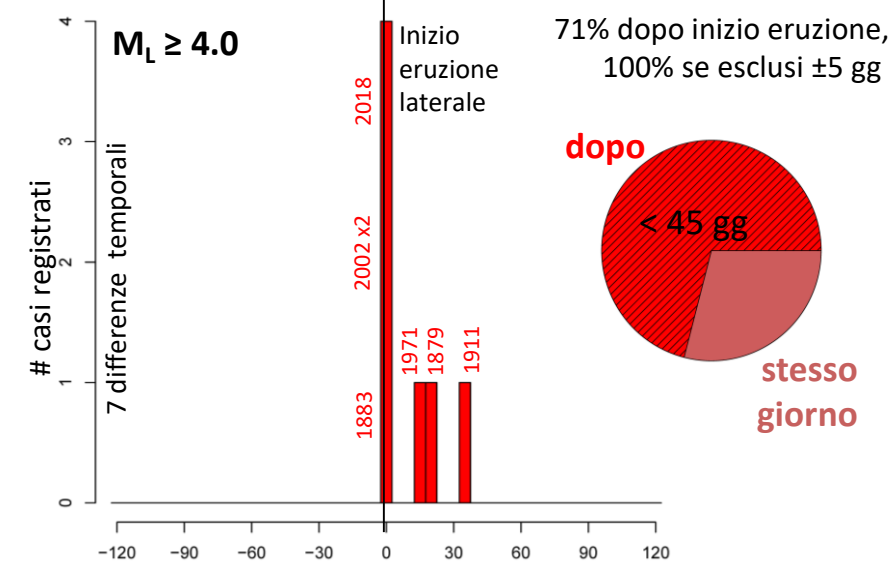
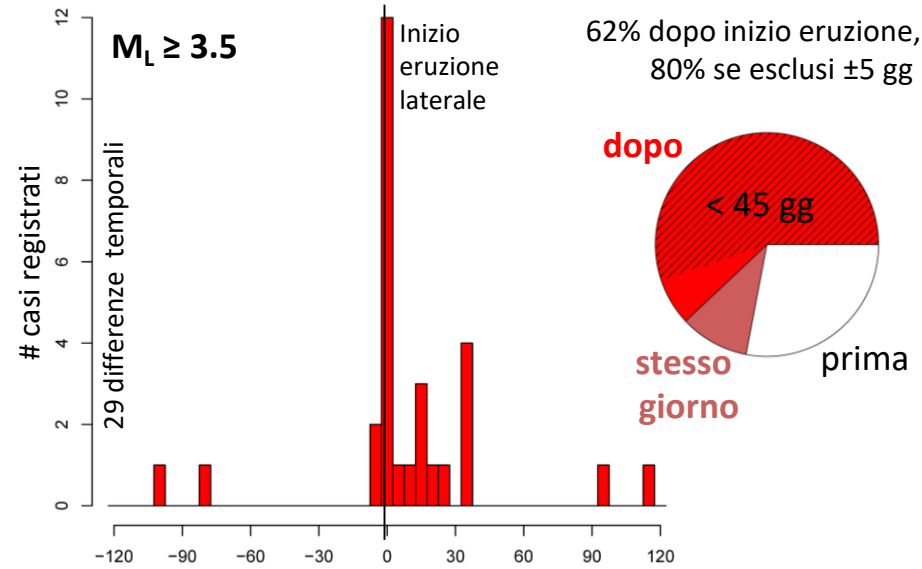
analisi statistiche su cataloghi storici eruzioni/terremoti

I terremoti con $M_L \geq 3.5$ entro ± 4 mesi da **inizio eruzione laterale** sono più frequenti dopo, 80% se esclusi ± 5 gg dall'eruzione.

Gli $M_L \geq 4.0$ sono stati tutti lo stesso giorno o dopo.

I terremoti con $M_L \geq 3.5$ entro ± 4 mesi da **fine eruzione laterale** sono equiprobabili prima e dopo.

Gli $M_L \geq 4.0$ sono stati leggermente più frequenti dopo.



Incremento tasso annuale terremoti durante eruzioni

Task 7 – Etna

WP5

analisi statistiche su cataloghi storici eruzioni/terremoti

Si stimano i **tassi annuali medi** su finestre di 10 giorni nei ± 4 mesi dall'inizio o dalla fine di ogni eruzione.

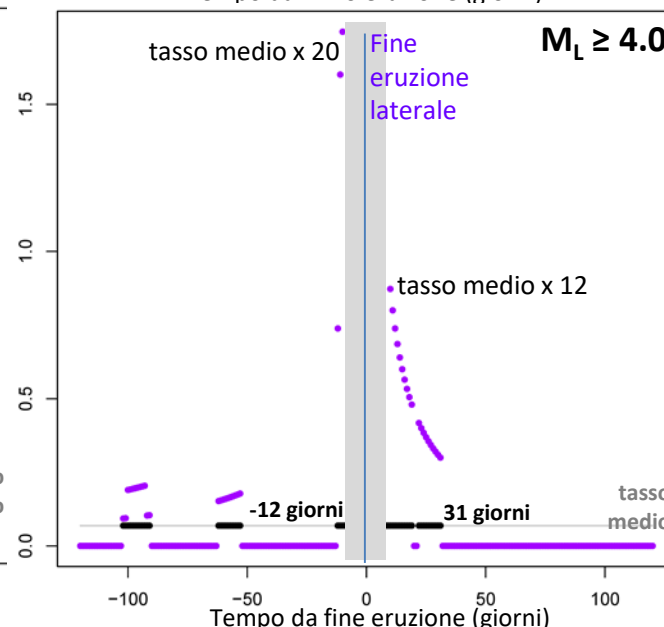
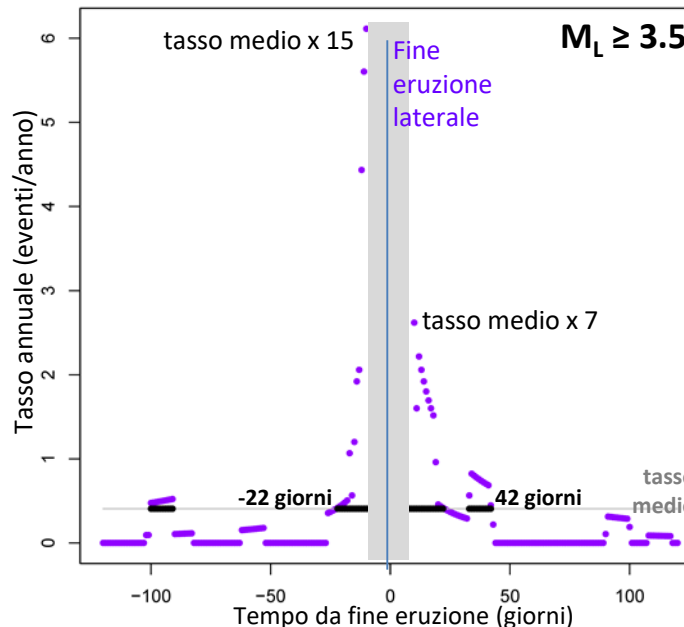
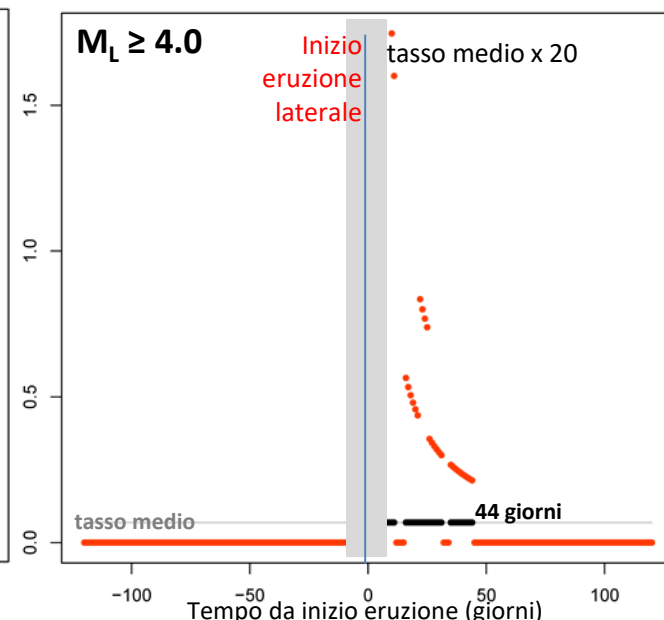
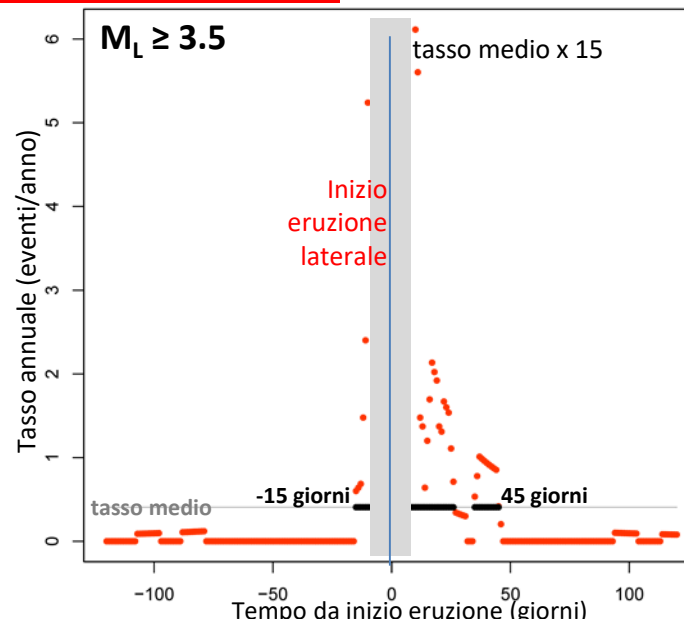
I terremoti con $M_L \geq 3.5$ hanno tassi sopra la media da -15 a +45 gg da **inizio eruzione laterale**.

Tassi **15 volte** più alti della media a ± 10 gg da inizio eruzione.

I terremoti con $M_L \geq 3.5$ hanno tassi sopra la media da -22 a +42 gg da **fine eruzione laterale**.

Tassi **15 volte** più alti della media a -10 gg, **7 volte** più alti a +10 gg da fine eruzione.

Incrementi più grandi sugli $M_L \geq 4.0$, ma nessun incremento prima di inizio eruzione.

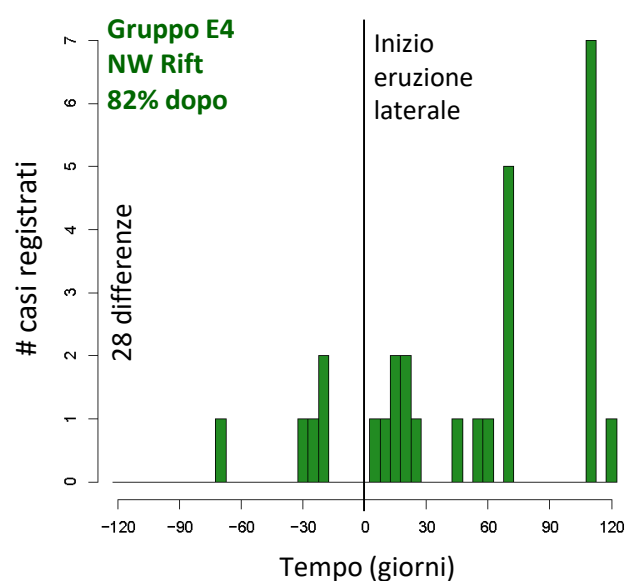
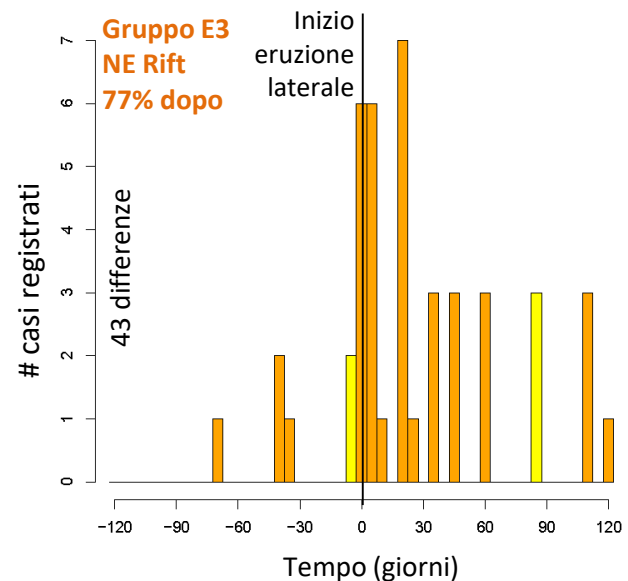
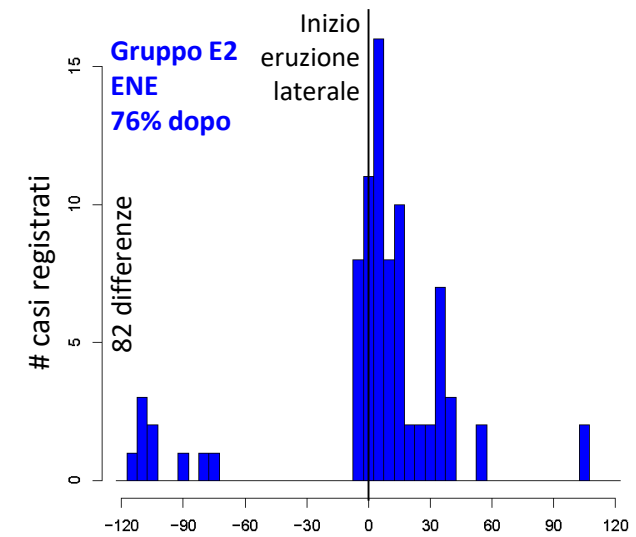
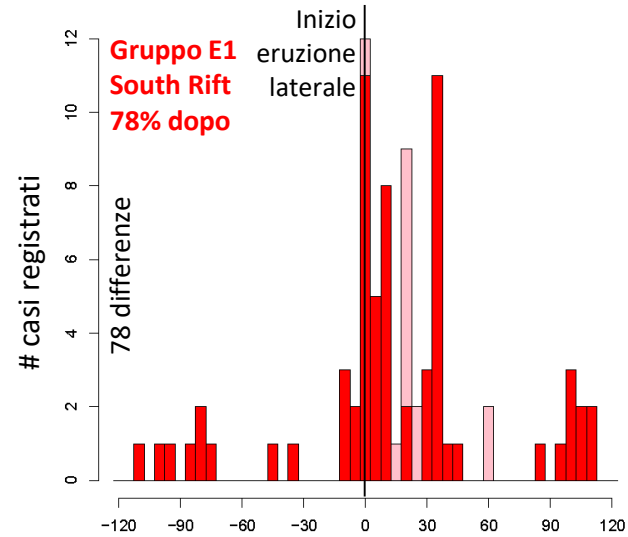
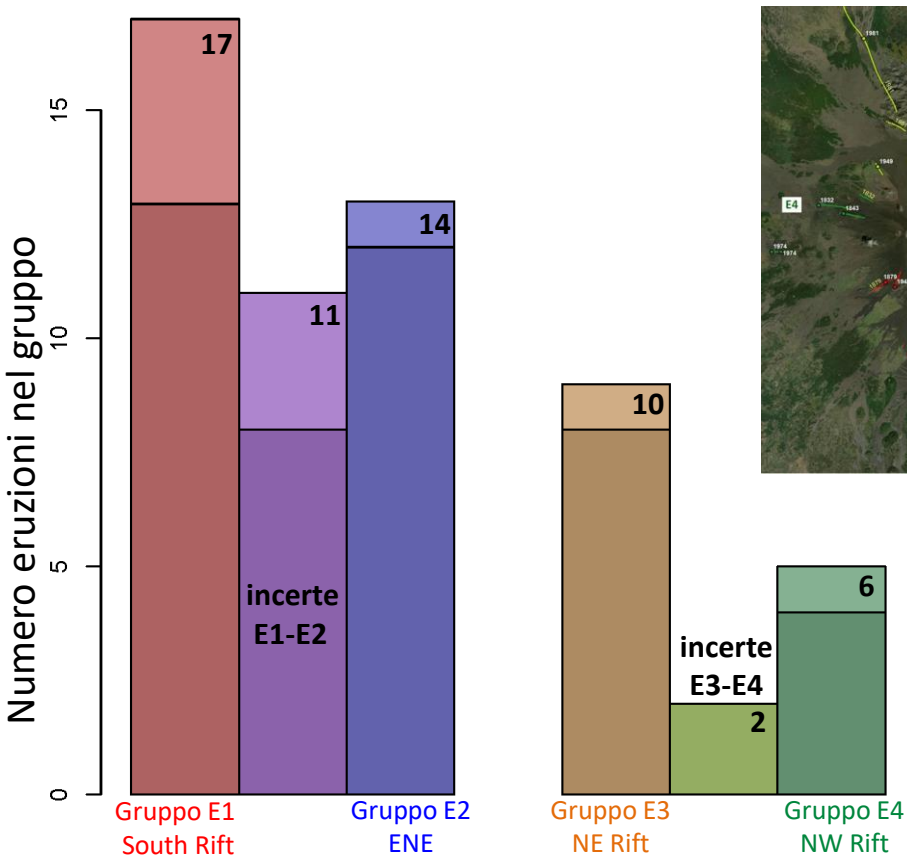


Differenze temporali fra terremoti ed eruzioni per settori

Task 7 – Etna

Consideriamo **l'inizio delle eruzioni** in **4 settori spaziali** del vulcano, ed i terremoti assegnati ad una qualsiasi faglia.

I terremoti sono **più frequenti dopo** inizio eruzione, indipendentemente dal settore interessato.

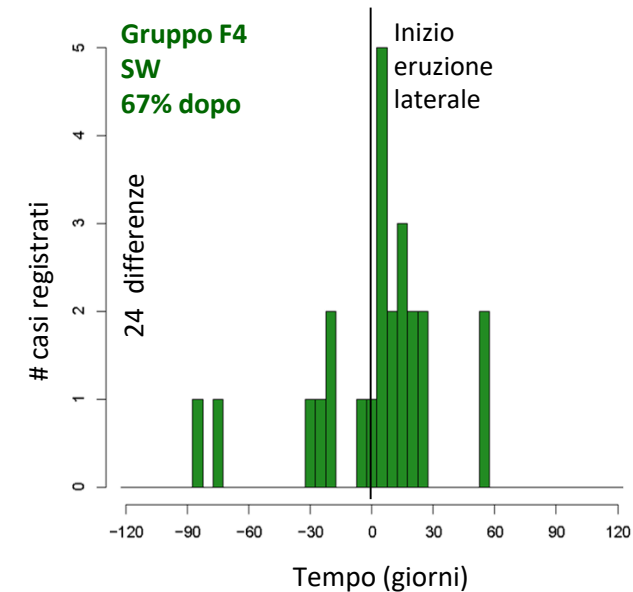
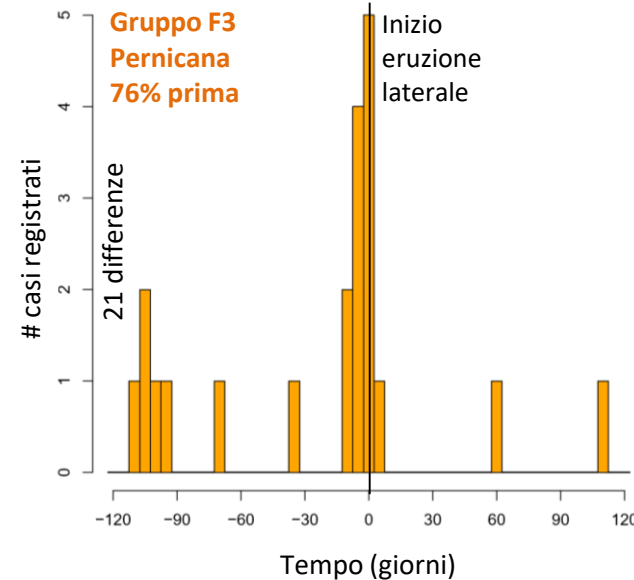
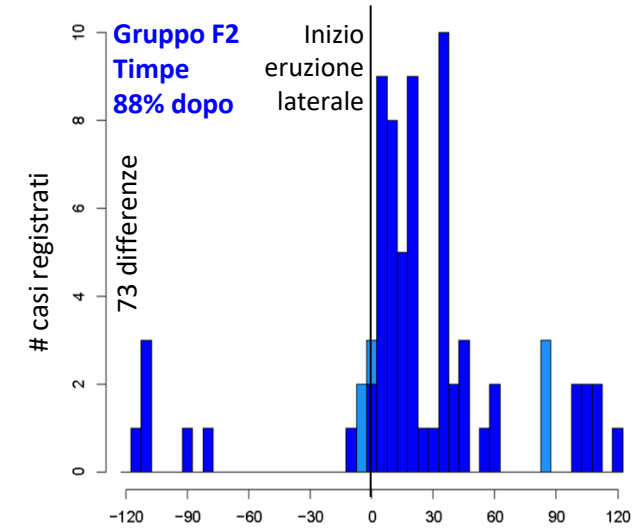
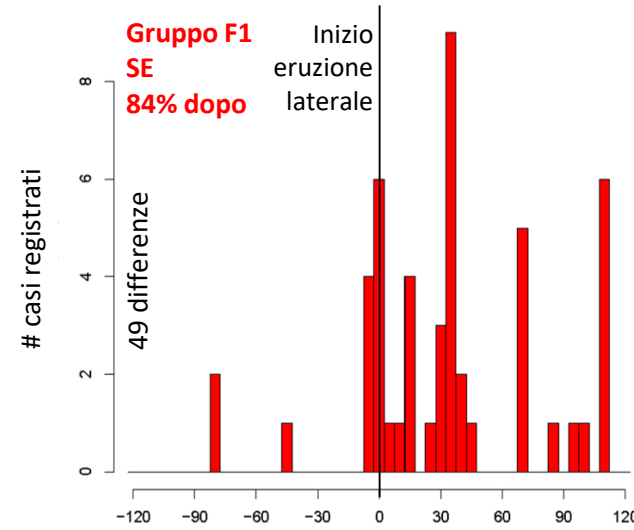
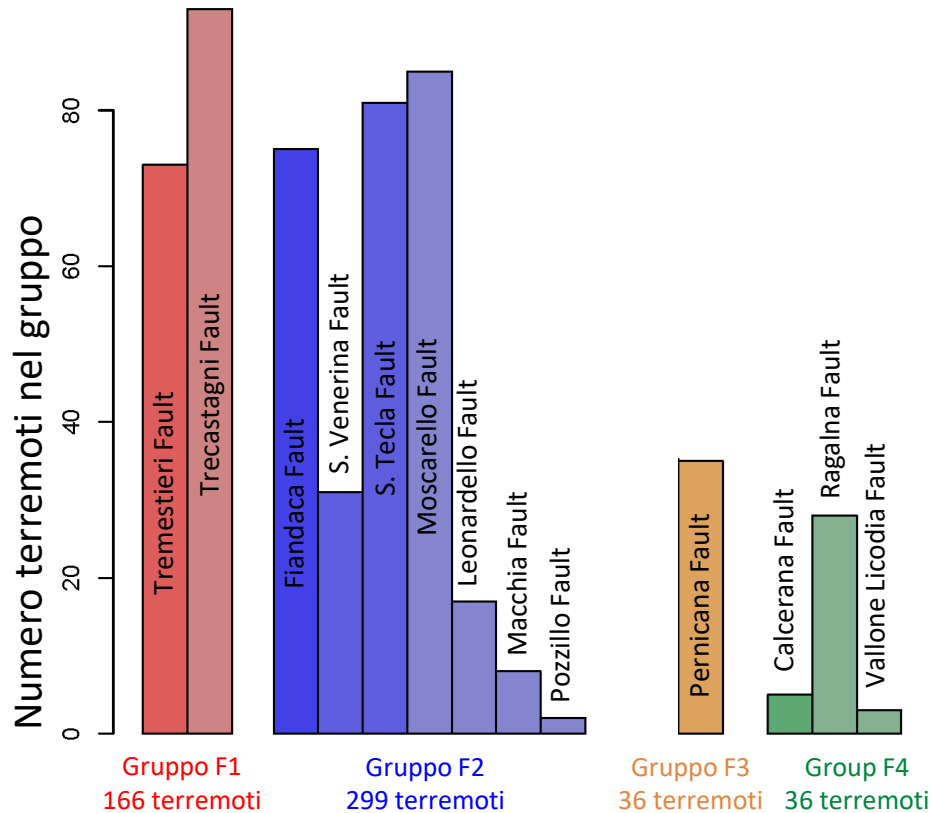


Differenze temporali fra eruzioni e terremoti per faglie

Task 7 – Etna

Consideriamo **l'inizio delle eruzioni nei 4 settori** prima definiti, e i terremoti associati ad una faglia specifica.

I terremoti sono **più frequenti dopo** inizio eruzione, tranne che per la faglia Pernicana (gruppo F3).



Differenze temporali fra terremoti Pernicana e in altre faglie

Task 7 – Etna

WP5

analisi statistiche su cataloghi storici eruzioni/terremoti

Dal 1980 sono stati registrati **36 eventi maggiori sulla faglia Pernicana**, su un totale di 178 eventi. Il 60% degli eventi della Pernicana è entro ± 4 mesi da un terremoto di $M_L \geq 3.5$ in altri gruppi di faglie.

Gli $M_L \geq 3.5$ entro ± 4 mesi da un qualsiasi terremoto della Pernicana ($M_L \text{ min}=2.3$), sono al 72% dopo, di questi 90% sono entro 45 gg, **90% nel settore delle Timpe**.

