INDIVIDUAZIONE E CARATTERIZZAZIONE

DI ONDE SISMICHE

GENERATE DA EVENTI VALANGHIVI

Simone Marzorati

Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia
Centro Nazionale Terremoti
Sede di Ancona

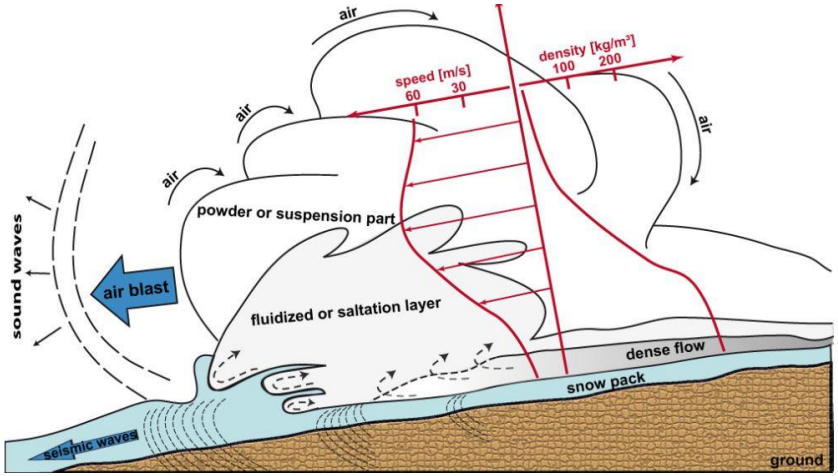
In collaborazione con: Centro Funzionale di Protezione Civile Regione Marche

Le valanghe come sorgenti di onde

<u>LE VALANGHE GENERANO</u>:

ONDE ACUSTICHE *a causa della pressione esercitata su masse d'aria*

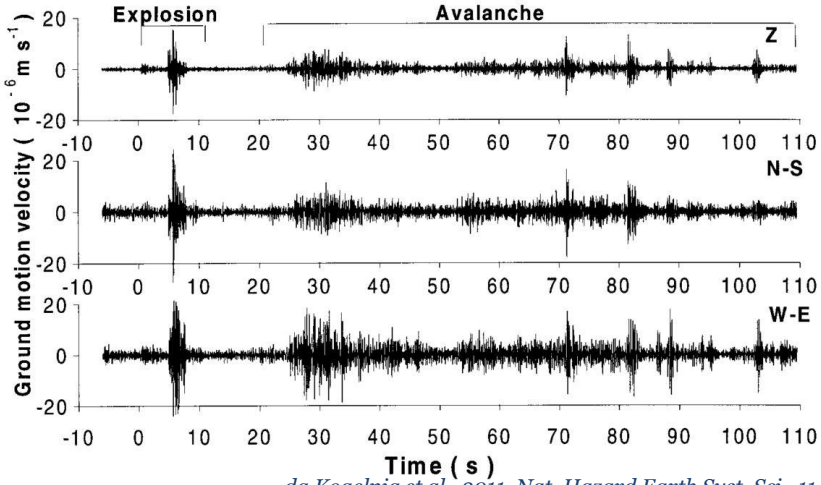
ONDE SISMICHE *a causa dell'interazione tra il flusso di materiale e il terreno*



da Surinach et al., 2001, Annals of Glaciology, 32

<u>In funzione di</u>:

- *dimensione del fenomeno*
- *tipo di neve*
- *materiali coinvolti*

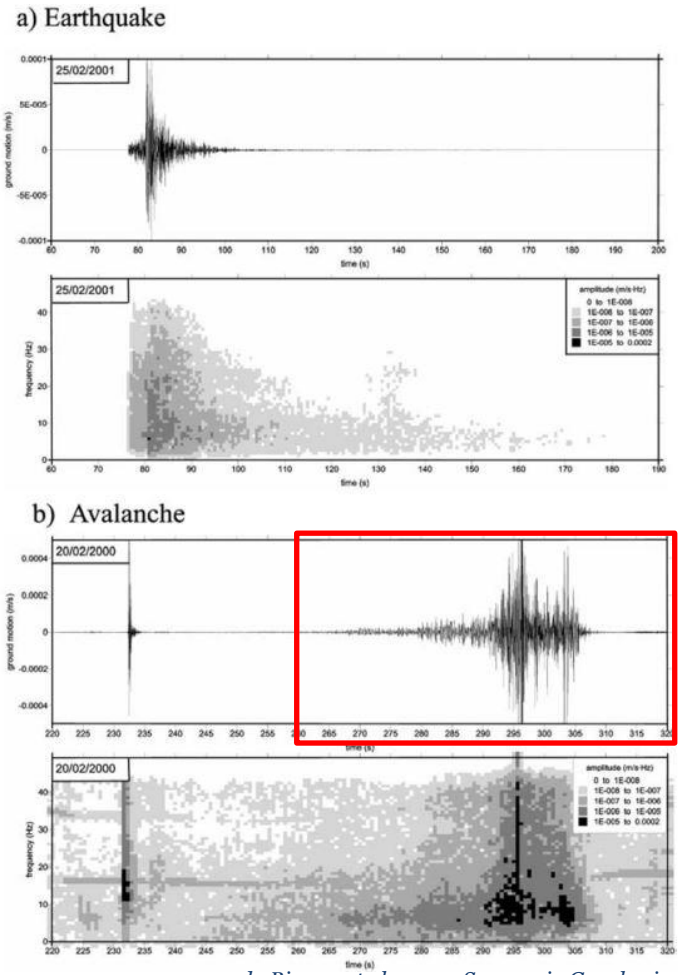


da Kogelnig et al., 2011, Nat. Hazard Earth Syst. Sci., 11

Caratteristiche del segnale sismico generato da valanghe

<u>SEGNALE SISMICO GENERATO DA UNA VALANGA</u>:

- *NON È IMPULSIVO, ma emerge dal rumore di fondo gradualmente*
- *EVOLVE CAOTICAMENTE fino ad un massimo per poi decrescere ancora gradualmente*
- *RISULTA DI FORMA DIFFERENTE a seconda del tipo di valanga, della distanza alla quale viene registrato e dalla scelta del sito di rilevamento*
- *AMPIEZZA del segnale da 10^{-6} a 10^{-4} m/s rilevato vicino alla sorgente o a pochi km di distanza*
- *FREQUENZA da pochi Hz a decine di Hz*



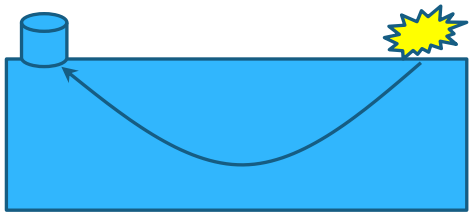
da Biescas et al., 2003, Surveys in Geophysics, 24

Monitoraggio valanghe

PER RILEVARE LE ONDE GENERATE DA VALANGHE, SI POSSONO IMPIEGARE:

- *SENSORI INFRASONICI, per rilevare le onde acustiche che si propagano in aria (misurano variazioni di pressione dell'aria)*

- *SENSORI SISMOMETRICO, per rilevare le onde sismiche che si propagano nel terreno (misurano le vibrazioni)*



Monitoraggio sismico nell'Italia centro-orientale

ReSiICO (Rete Sismica Integrata dell'Italia Centro Orientale)

Gestita tecnicamente da INGV-CNT
Sede di Ancona

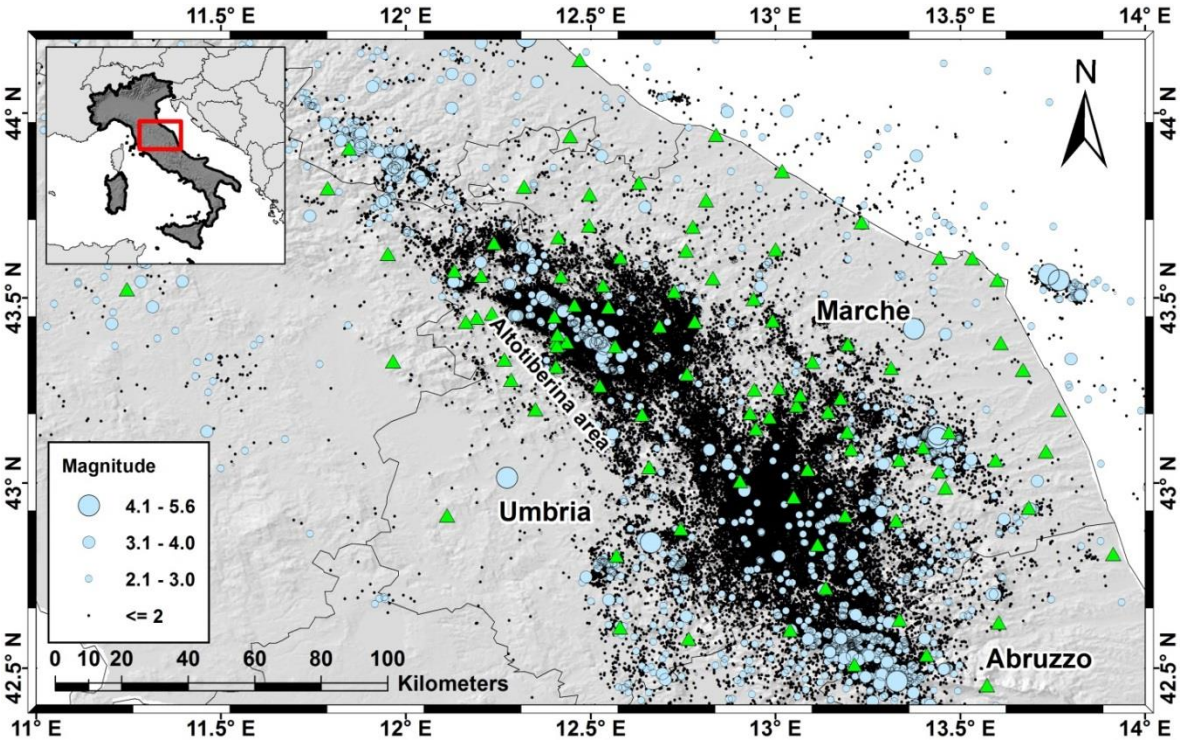
*Integrazione di **105** stazioni appartenenti:*

- *Rete Sismica Nazionale INGV*
- *Stazioni Locali Sede di Ancona*
- *Near Fault Observatory TABOO- EPOS*

dati in real time h24
condivisi con Sala Sismica di Roma

Sensori velocimetrici e accelerometrici

Rileva sismicità territorio dai terremoti non risentiti ai forti scuotimenti



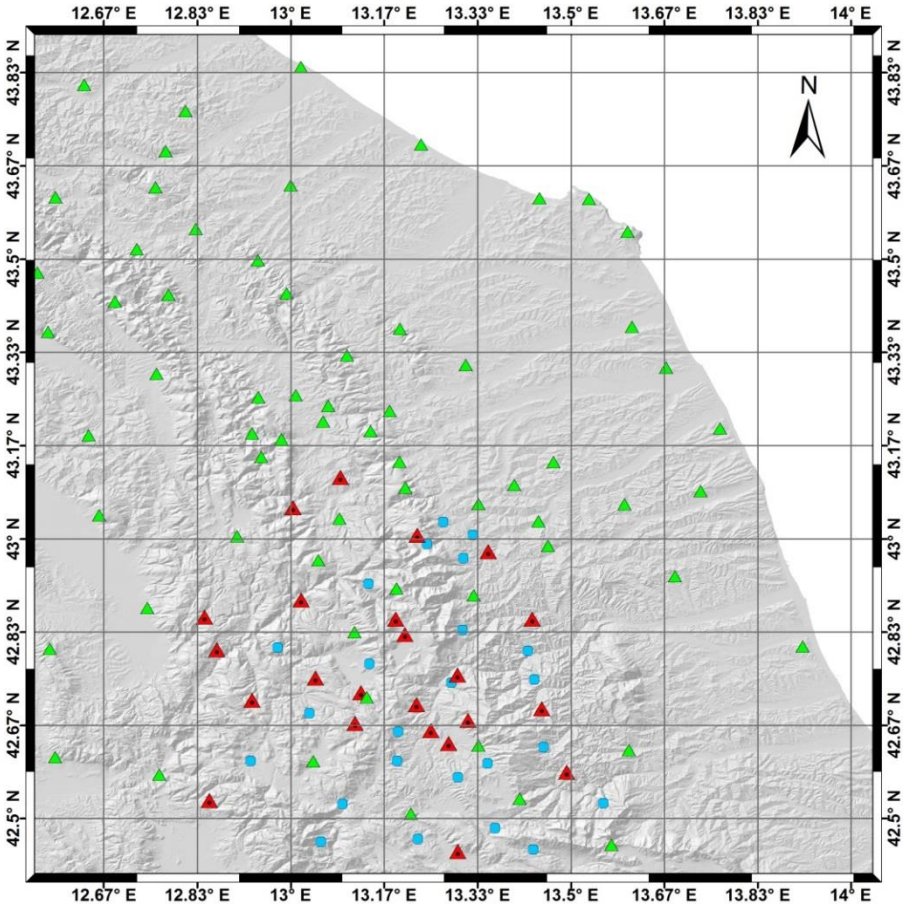
Monitoraggio sismico nell'Italia centro-orientale

Rete Sismica di Emergenza
Terremoto Italia Centrale 2016-2017

Immediatamente a seguito di terremoti di magnitudo >= 5.5 INGV interviene con il Pronto Intervento SISMIKO, installando stazioni temporanee per rendere più fitta la maglia della Rete sismica Nazionale e poter seguire nel dettaglio l'evoluzione del fenomeno

*Durante la **sequenza sismica del Centro Italia del 2016-2017**, intorno all'area epicentrale erano attive circa **70** stazioni*

- *Rete **Permanente** INGV in real time*
- *Rete **Emergenza** INGV in real time*
- *Rete **Temporanea** British Geological Survey*

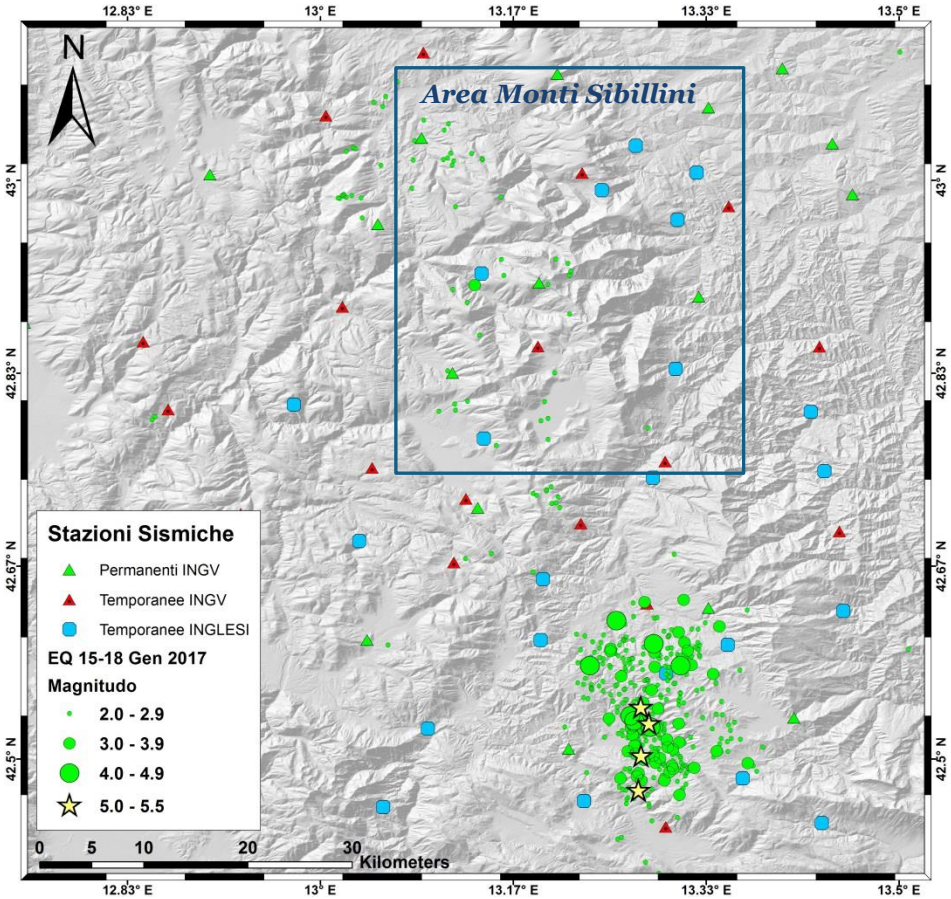


Esempi di segnali rilevati a Gennaio 2017

SEGNALI DI TERREMOTI

Sequenza sismica in corso

Mappa Eventi Sismici dal 15 al 18 Gennaio 2017



Esempi di segnali rilevati a Gennaio 2017

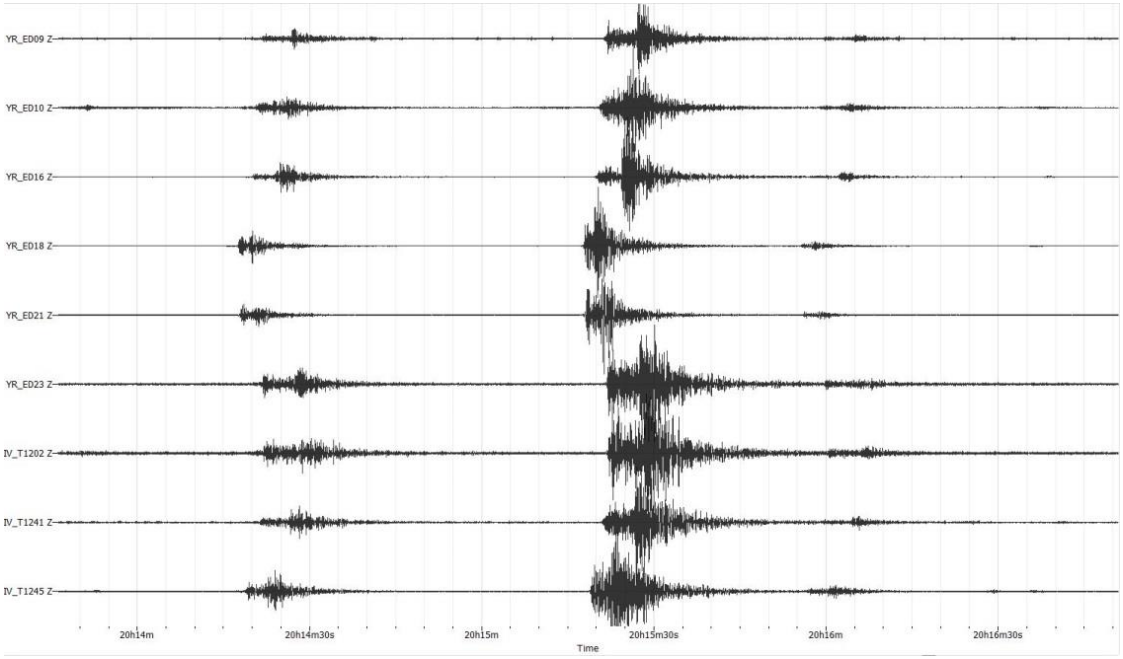
SEGNALI DI TERREMOTI

Sequenza sismica in corso

Terremoti ogni pochi secondi

Segnali evidenti con caratteristiche coerenti tra i vari siti (arrivi fasi P ed S)

Registrazioni su buona parte delle stazioni della rete



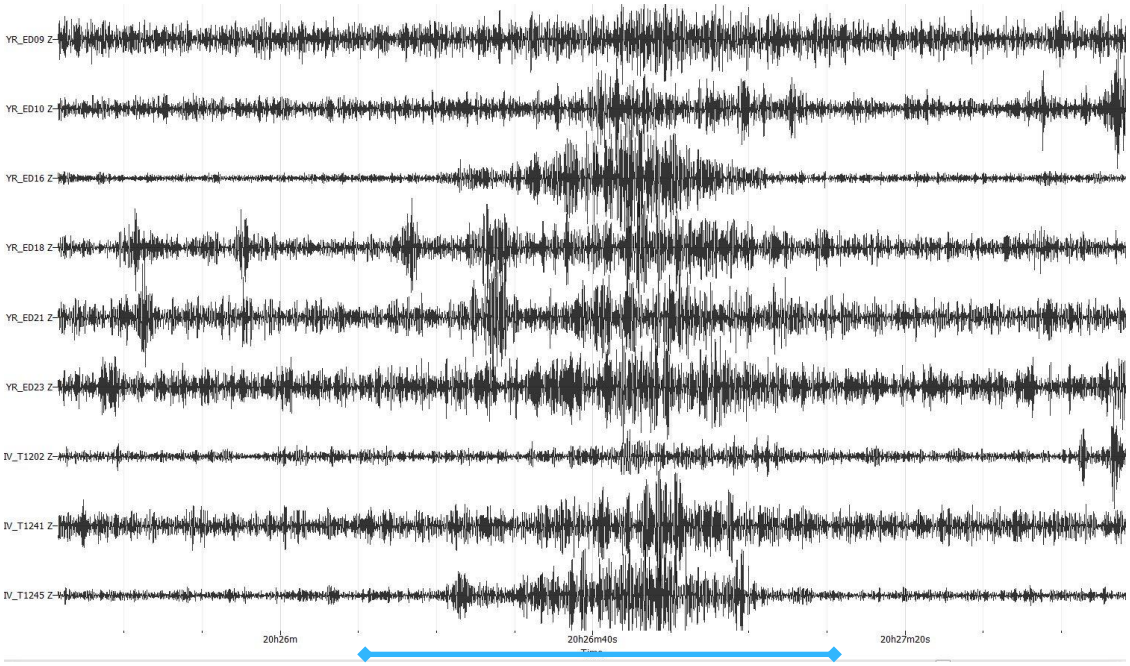
2 minuti di segnale

Esempi di segnali rilevati a Gennaio 2017

SEGNALI RICONDUCIBILI AD EVENTI VALANGHIVI

In quei giorni, sono stati rilevati alcuni segnali che non sono originati da sismi:

- *emergono dal rumore e crescono gradualmente per poi attenuarsi analogamente*
- *rilevati solo sulle stazioni prossime ai Monti Sibillini in un'area di circa 10 km²*
- *su alcune stazioni si confondono con il rumore di fondo*



1 minuto di segnale

Le condizioni nivologiche di quei giorni, l'estensione della propagazione e il tipo di segnale permettono di ricondurre l'origine a un evento valanghivo

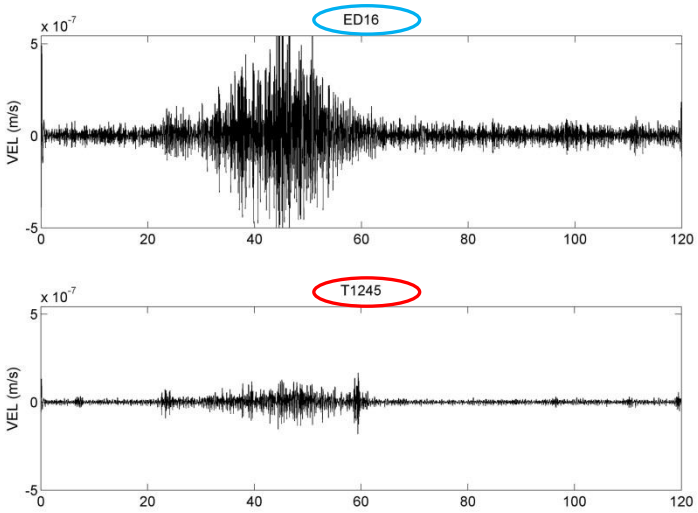
Esempi di segnali rilevati a Gennaio 2017

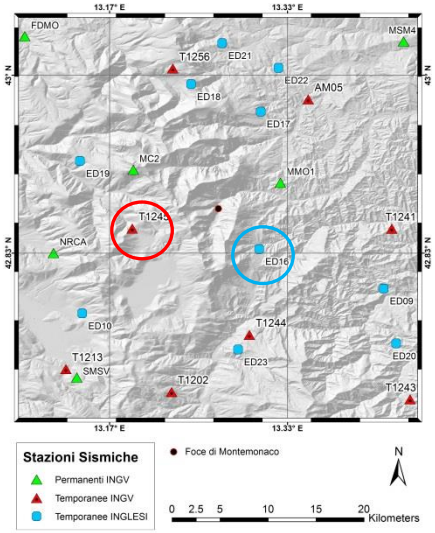
SEGNALI RICONDUCIBILI AD EVENTI VALANGHIVI

Segnale evidente soprattutto su due stazioni installate sui Monti Sibillini

Ampiezze del segnale dell'ordine di 10^{-7} m/s che fa supporre distanza di alcuni km

Segnale più ampio su una stazione, probabilmente la più vicina alla sorgente





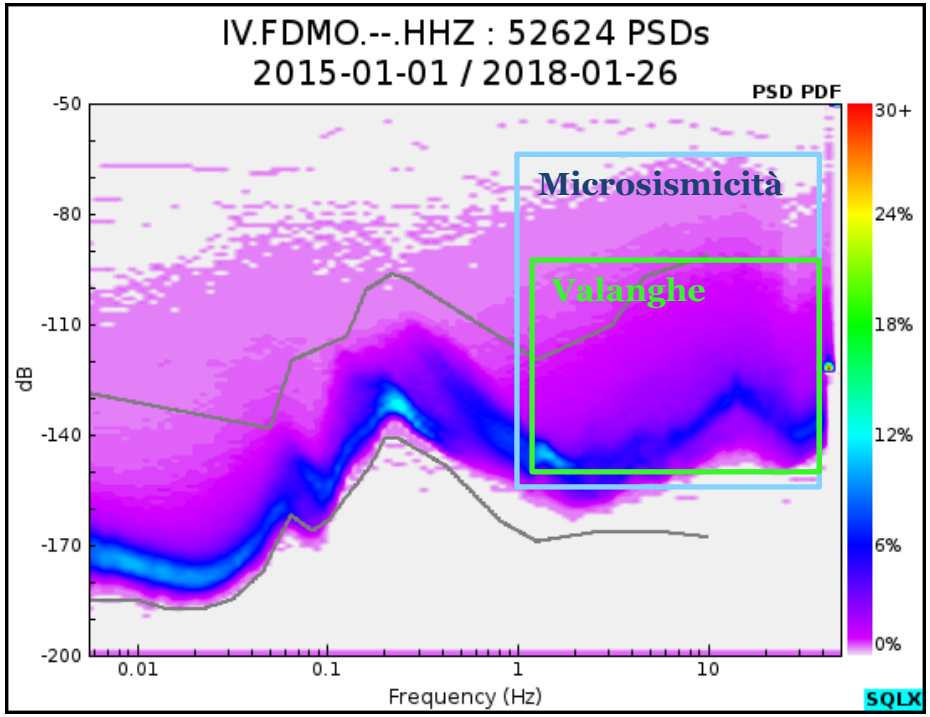
Intervalli di rilevabilità dei segnali valanghivi

*Dal punto di vista dell'intervallo di **AMPIEZZA** e **FREQUENZA**, **i segnali** generati da **valanghe** sono **molto piccoli***

*Necessario installare i sensori **in siti non disturbati da attività antropiche** che generano segnali ad alta frequenza (> 1Hz)*

*Necessario installare i sensori **vicino alle sorgenti** (da 0 a pochi km)*

*L'intervallo di **rilevabilità delle valanghe** è un sottoinsieme di quello della microsismicità locale*



Monitoraggio valanghe

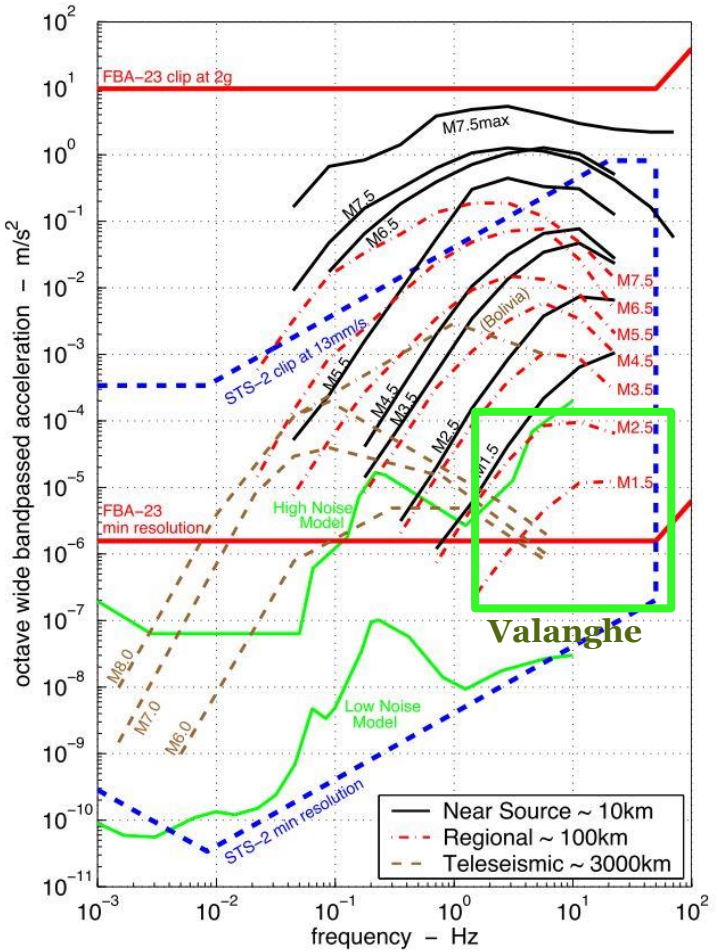
Intervalli di rilevabilità dei segnali valanghivi

*Dal punto di vista dell'intervallo di **AMPIEZZA** e **FREQUENZA**, **i segnali** generati da **valanghe** sono **molto piccoli***

*Necessario installare i sensori **in siti non disturbati da attività antropiche** che generano segnali ad alta frequenza (> 1Hz)*

*Necessario installare i sensori **vicino alle sorgenti** (da 0 a pochi km)*

*L'intervallo di **rilevabilità delle valanghe** è un sottoinsieme di quello della microsismicità locale*

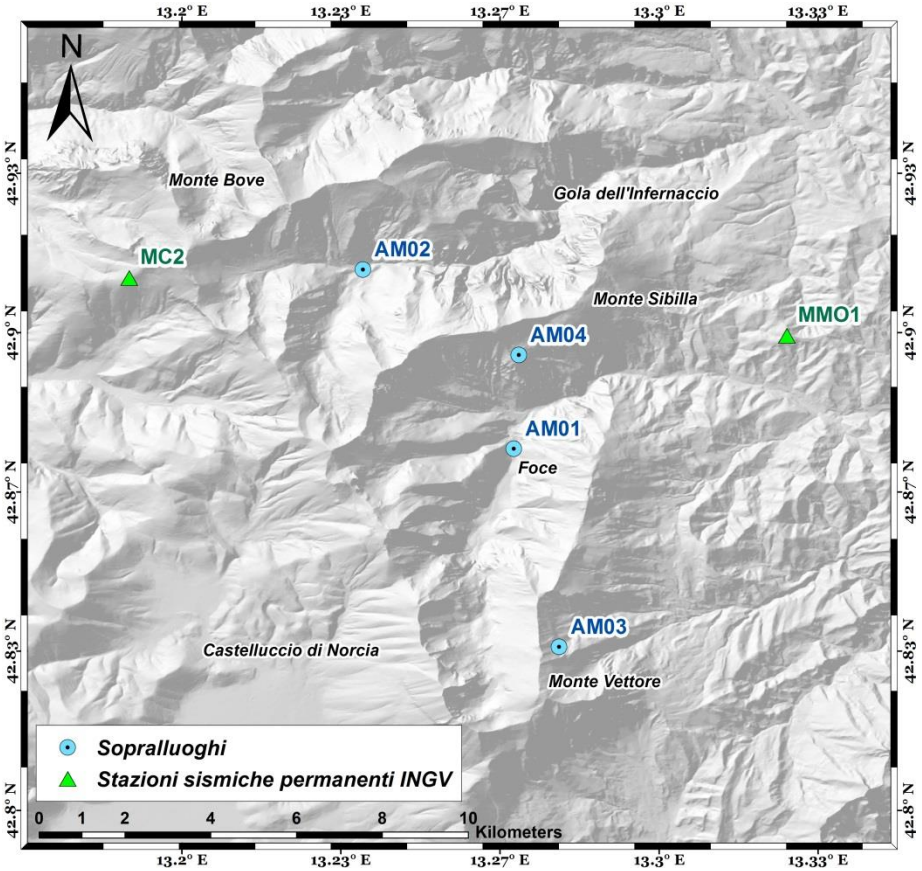


Clinton, 2004, PhD Thesis

Studio di fattibilità di rete sperimentale per monitoraggio valanghe

Sono stati eseguiti alcuni sopralluoghi nell'area dei Monti Sibillini per verificare:

- *Siti in cui possibile accostamento di stazione sismometrica a nivometrica CFPC (AM03 – AM04)*
- *Visibilità campo WI-FI Marche Way*
- *Presenza campo UMTS*
- *Possibilità di alloggiare la strumentazione*



Studio di fattibilità di rete sperimentale per monitoraggio valanghe

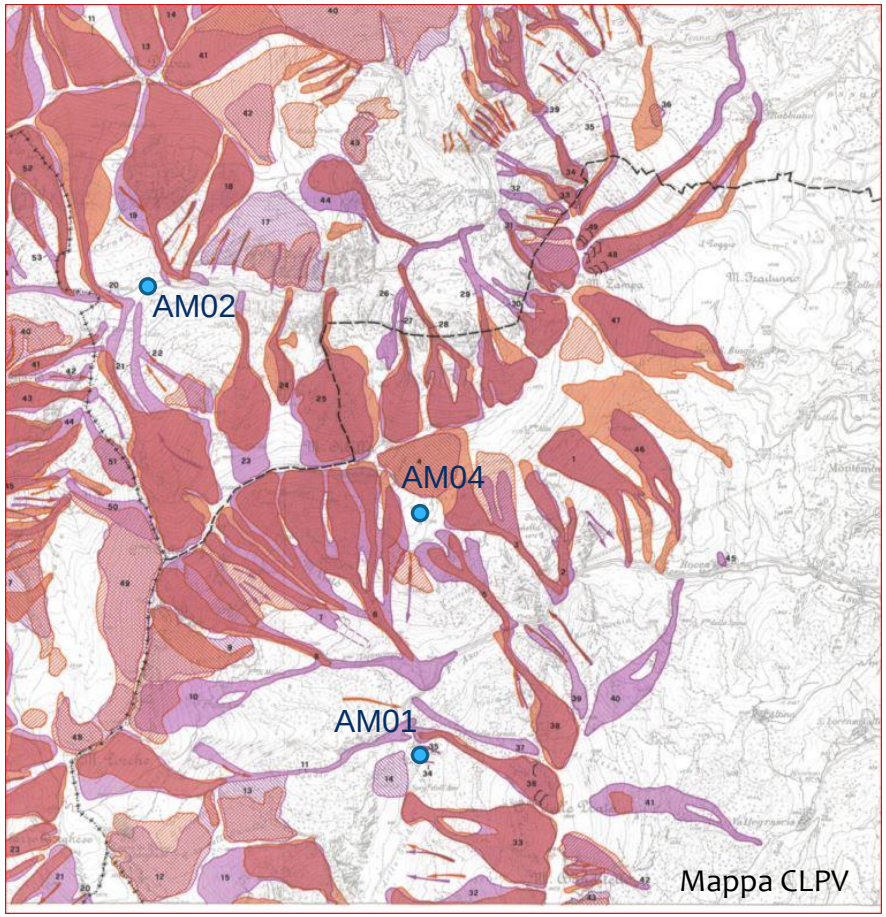
L'idea iniziale dell'esperimento è indicare la potenziale valle di accadimento dei fenomeni valanghivi

Le azioni possibili sono:

- *Posizionare i sensori in più valli dove ci si aspetta l'accadimento di valanghe*
- *Posizionarsi alla base delle sorgenti (difficile trasmettere il segnale in real time ma più facile la logistica di installazione)*
- *Posizionarsi all'apice delle sorgenti (più facile trasmettere i dati in real time ma più difficile la logistica di installazione)*

- Individuare e caratterizzare i segnali di valanghe con procedure semiautomatiche

N.B. con una rete di sensori più estesa potenzialmente è possibile stimare la localizzazione dell'evento valanghivo



Monitoraggio valanghe

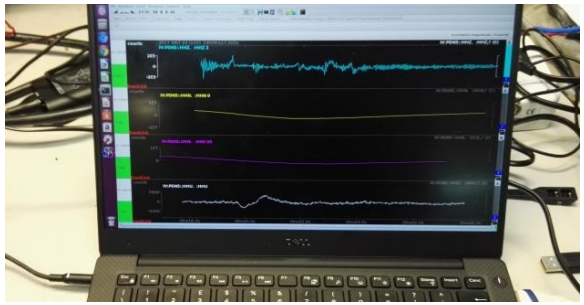
ESPERIMENTO
STAZIONE MULTIPARAMETRICA

In collaborazione con INGV Sez. Catania

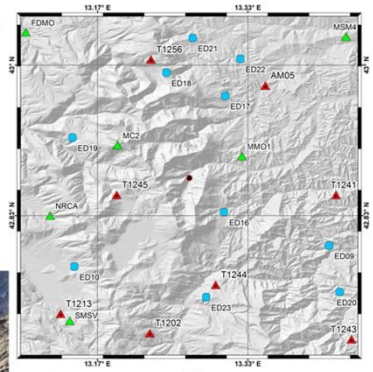
Integrazione di sensore sismometrico e infrasonico con acquisitore GAIA2 (prodotto da INGV-CNT)

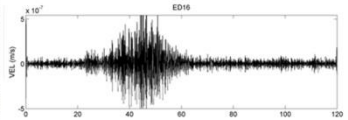
4 canali (3 sismici e 1 infrasonico)

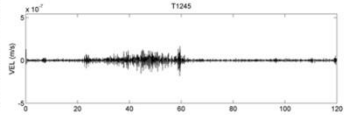
- *Test in campagna su vulcano Etna*
- *Confrontata con strumentazione più costosa*
- *Possibilità di rilevare componente aerea e del suolo acquisendo informazioni utili alla dinamica e alle caratteristiche delle valanghe*
- *Pensata per essere installata vicino alle sorgenti valanghive*



fine







Riferimenti Bibliografici:

Biescas B., Dufour F., Furdada G., Khazaradze G., Suriñach E., 2003, *Frequency content evolution of snow avalanche seismic signals*, Surveys in Geophysics, 24, pp.447–464

Clinton J. F., 2004, *Modern Digital Seismology — Instrumentation, and Small Amplitude Studies in the Engineering World*, Thesis, California Institute of Technology, Pasadena

Kogelnig A., Suriñach E., Vilajosana I., Hübl J., Sovilla B., Hiller M., Dufour F., 2011, *On the complementariness of infrasound and seismic sensors for monitoring snow avalanches*, Nat. Hazards Earth Syst. Sci., 11, 2355–2370, doi:10.5194/nhess-11-2355-2011

Suriñach E., Furdada G., Sabot F., Biescas B., Vilaplana J.M. (2001), *On the characterization of seismic signals generated by snow avalanches for monitoring purposes*, 32, Annals of Glaciology, pp. 268-274