

Rapporti tecnici

INGV

**Drum_Pkev: un programma per la
costituzione di cataloghi
supervisionati di eventi sismici ad
elevata frequenza di accadimento**

124



Direttore

Enzo Boschi

Editorial Board

Raffaele Azzaro (CT)

Sara Barsotti (PI)

Mario Castellano (NA)

Viviana Castelli (BO)

Anna Grazia Chiodetti (AC)

Rosa Anna Corsaro (CT)

Luigi Cucci (RM1)

Mauro Di Vito (NA)

Marcello Liotta (PA)

Lucia Margheriti (CNT)

Simona Masina (BO)

Nicola Pagliuca (RM1)

Salvatore Stramondo (CNT)

Andrea Tertulliani - coordinatore (RM1)

Aldo Winkler (RM2)

Gaetano Zonno (MI)

Segreteria di Redazione

Francesca Di Stefano - coordinatore

Tel. +39 06 51860068

Fax +39 06 36915617

Rossella Celi

Tel. +39 06 51860055

Fax +39 06 36915617

redazionecen@ingv.it



Rapporti tecnici INGV

DRUM_PKEV: UN PROGRAMMA PER LA COSTITUZIONE DI CATALOGHI SUPERVISIONATI DI EVENTI SISMICI AD ELEVATA FREQUENZA DI ACCADIMENTO

Flora Giudicepietro, Domenico Lo Bascio, Teresa Caputo, Luca D'Auria

INGV (Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia, Sezione di Napoli - Osservatorio Vesuviano)

124

Indice

Introduzione	5
1. L'attività sismica di Stromboli	5
2. Caratteristiche tecniche del programma	5
3. Esempi di applicazioni	10
4. Conclusioni	13
Bibliografia	13

Introduzione

Il Programma Drum_Pkev è stato progettato per creare cataloghi supervisionati di eventi con elevata frequenza di accadimento. La necessità di questa applicazione nasce per gestire il *dataset* dell'attività sismica associata alle esplosioni sommitali del vulcano Stromboli che hanno una frequenza di accadimento di alcune centinaia al giorno.

Per il monitoraggio sismico di Stromboli è stata realizzata una rete a larga banda con alta densità [De Cesare et. al, 2009]. Per l'analisi dei dati è stato sviluppato un sistema automatico modulare, denominato Eolo, che fornisce in tempo reale informazioni elaborate quali la frequenza di accadimento e l'intensità degli eventi, i parametri caratteristici della sorgente, l'andamento del tremore vulcanico ed altro [<http://eolo.ov.ingv.it/>]. Il metodo di detezione utilizzato in questo sistema assicura un'ottima performance, ma, essendo basato sulla localizzazione degli eventi, in caso di malfunzionamento di parte delle stazioni della rete può fallire.

Allo scopo di avere un catalogo supervisionato, quanto più possibile continuo, dell'attività sismica associata agli eventi eruttivi è stato realizzato il programma oggetto del presente rapporto che permette la rilevazione degli eventi utilizzando il tracciato di una singola stazione. Questo programma può essere utilizzato anche in caso di sciami, in cui spesso gli eventi si sovrappongono creando problemi ai sistemi automatici di detezione.

1. L'attività sismica di Stromboli

L'attività sismica di Stromboli è caratterizzata da eventi transienti associati alle esplosioni che si verificano ai crateri sommitali con una frequenza variabile tra 5 e 20 eventi/ora, nei periodi di normale attività. A questi eventi transienti si associano impulsi a periodo molto lungo detti *Very Long Period* (VLP) che presentano componenti volumetriche della sorgente dovute al passaggio di *slugs* di gas all'interno dei condotti [Chouet et al., 2008; D'Auria and Martini, 2009]. Un'altra caratteristica tipica del campo d'onda che si registra sull'isola è il tremore vulcanico che si presenta particolarmente continuo [Martini et. al, 2007].

Negli ultimi anni si è osservato che variazioni della sismicità possono essere indicative della imminenza di variazioni nello stile eruttivo, come nel caso della eruzione effusiva del 2007 che è stata preceduta da un aumento della frequenza di accadimento e dell'intensità dei segnali VLP associati alle esplosioni [Giudicepietro et al., 2009]. Per questo motivo il monitoraggio dei parametri citati è di grande importanza ai fini delle attività di protezione civile da parte delle autorità competenti.

2. Caratteristiche tecniche del programma

Il programma Drum_Pkev è sviluppato in Visual Basic 6.0 ed utilizza delle Dynamic Link Library (DLL), sviluppate in C++, per ottimizzare la decodifica di strutture dati binarie. Il programma utilizza una grafica a pagine per visualizzare i dati sismici relativi ad un giorno di registrazione. Generalmente è utilizzato con sei pagine ognuna contenente il grafico relativo a quattro ore di dati, ma il numero e la durata delle schermate è configurabile. Le diverse pagine possono essere portate in primo piano operando con il mouse su appositi bottoni. I dati sono letti da un file binario con formato DAY. Questo formato è stato creato per il programma WinDrum [Giudicepietro, 2001] che sostituisce i monitor a carta per la visualizzazione dei dati.

Il formato DAY è basato sulla struttura dati Trace_Buffer nativa del sistema Earthworm (<http://folkworm.ceri.memphis.edu/ew-doc/>) e risulta in una sequenza di pacchetti binari di questo tipo:

Struttura dati tipo TRACE_BUFFER:

```
msgInst As Byte ' /* 1 Message Installation (0=>Earthworm) */
msgType As Byte ' /* 2 Message Type */
modId As Byte ' /* 3 Id of module originating message */
fragNum As Byte ' /* 4 Packet number of message; 0=>first */
msgSeqNum As Byte ' /* 5 Message Sequence number */
lastOfMsg As Byte ' /* 6 1=> last packet of message, else 0 */
Pin As Long ' /* 10 Pin number */
NSamp As Long ' /* 14 Number of samples in packet */
StartTime As Double ' /* 22 time of first sample in epoch seconds
(seconds since midnight 1/1/1970) */
```

```

EndTime As Double ' /* 30 Time of last sample in epoch seconds */
SampRate As Double ' /* 38 Sample rate; nominal */
Sta As String * 7 ' /* 45 Station name */
Net As String * 9 ' /* 54 Network name */
Chan As String * 9 ' /* 63 Component/channel code */
Datatype As String * 3 ' /* 66 Data format code */
Quality As String * 2 ' /* 68 Data quality field */
Pad As String * 2 ' /* 70 padding */

```

La corrispondenza tra i tipi di variabili in Visual Basic ed in C è riportata nella tabella 1. Questa versione della struttura `Trace_buffer` è relativa alle versioni di Earthworm precedenti la 7.0. Con la transizione dalla versione 6.3 alla 7.0, infatti, le informazioni relative alla singola stazione sismica sono passate da una struttura di tipo SCN (Station, Channel, Network) ad una struttura SCNL (Station, Channel, Network, Location) con l'aggiunta del campo Location di tipo STRING con dimensione di 2 Bytes. Il secondo formato non è attualmente gestito dal programma perché non se ne è presentata la necessità, tuttavia questa funzionalità è facilmente implementabile all'occorrenza.

VB Type	C++ Type	# Bites
Byte	unsigned char	1
Integer	short	2
Long	long	4
Single	float	4
Double	double	8
String* n	char	n

Tabella 1. Corrispondenza della dichiarazione delle variabili in Visual Basic e in C++.

Operando dal menu file è possibile visualizzare il tracciato giornaliero contenuto in un file DAY o selezionare un file DAY sul quale viene eseguito un *picking* automatico, basato semplicemente su una soglia di ampiezza. Si può inoltre visualizzare, con dei *markers* sovrapposti al grafico del sismogramma, il risultato di un *picking* precedentemente effettuato, conservato in un file di formato opportuno (fig. 1).

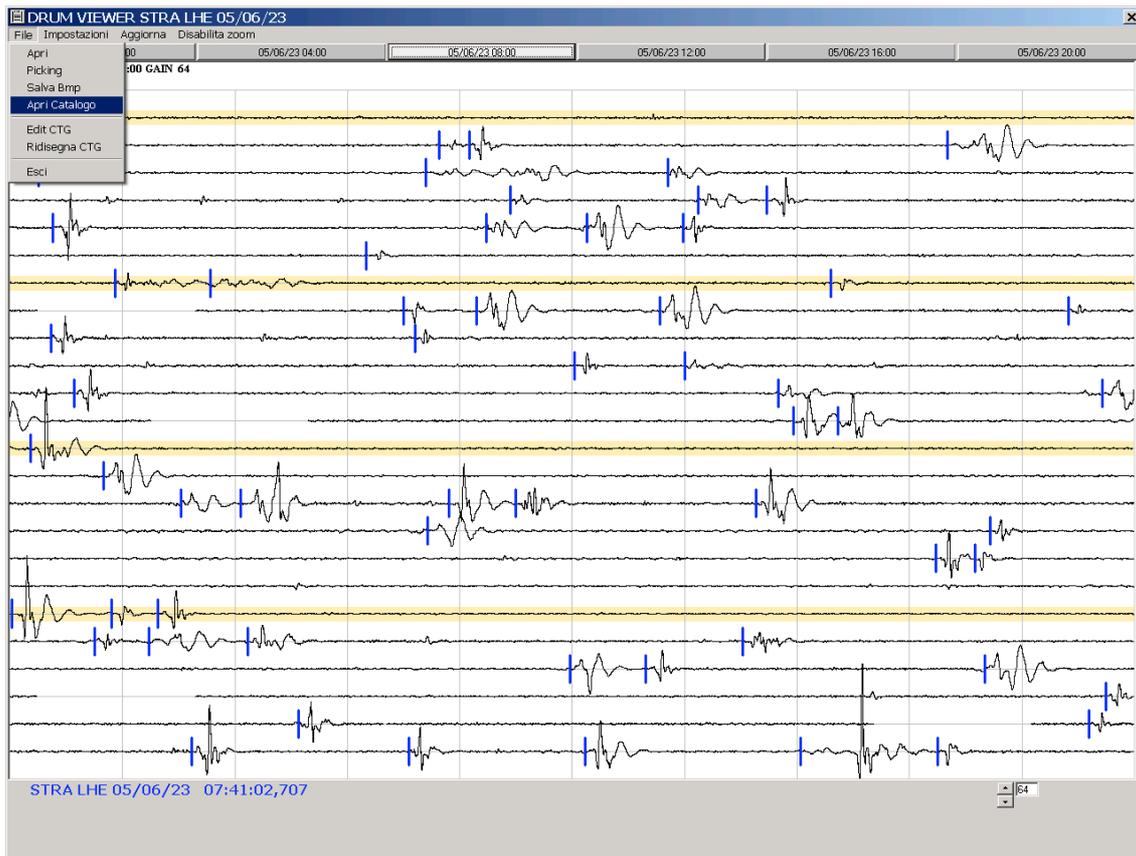


Figura 1. Schermata con i *markers* relativi ai *picking* letti da un file catalogo (ctg) supervisionato dagli analisti.

La scelta di utilizzare una soglia di ampiezza per la detezione degli eventi è suggerita dal fatto che il programma è orientato alla detezione di eventi di natura transiente che non presentano chiare fasi sismiche, quali eventi VLP, eventi LP o transienti infrasonici. Tuttavia, il *picking* può essere agevolmente modificato dall'operatore con alta accuratezza poiché è possibile attivare una funzione di *zoom* del segnale.

La soglia di ampiezza di *default* è impostata in un file di inizializzazione necessario per il funzionamento del programma (Drum_Pkev.ini). Nello stesso file sono inoltre definiti un intervallo di preevento, espresso in secondi, ed una durata minima dell'evento. Se si imposta un intervallo di preevento diverso da 0 il *picking* sarà anticipato rispetto al verificarsi della condizione di *trigger*, ovvero al superamento della soglia di ampiezza, di un numero di secondi corrispondente al valore di questo parametro. Questo può essere utile quando si vogliono avere dei tempi in base ai quali tagliare finestre di dati che contengano un certo preevento rispetto all'inizio del segnale. La durata minima dell'evento indica, invece, l'intervallo temporale durante il quale è sospesa la verifica della condizione di *trigger* dopo che è stato rilevato un evento.

La soglia di ampiezza, l'intervallo di preevento e la durata minima del segnale possono essere modificati quando il programma è in esecuzione attraverso un *form* di configurazione (fig. 2).

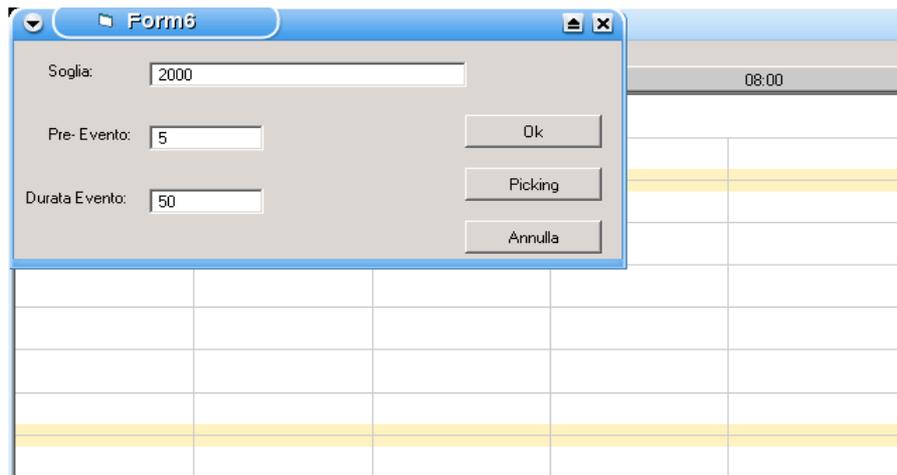


Figura 2. Finestra per la selezione dei parametri di soglia di ampiezza, preevento e durata minima dell'evento.

Quando dal menu file si sceglie l'opzione "Picking" appare una finestra di dialogo per la selezione del file. Una volta selezionato il file il programma lo legge, analizza il segnale, genera il grafico del sismogramma, appone dei *markers* in corrispondenza degli eventi considerando il preevento impostato e scrive i tempi in un file di tipo catalogo (ctg). La prima riga di questo file contiene delle informazioni generiche su tutto il catalogo. Le righe successive contengono i singoli *picking*. Il formato della prima riga è:

YY/MM/DD HH:MM:SS.mmm HH:MM:SS.mmm N INTERVAL AVERAGE

il cui significato è:

- YY/MM/DD: la data del giorno considerato;
- HH:MM:SS.mmm HH:MM:SS.mmm: ora del primo e dell'ultimo *picking*
- N: numero di *picking* presenti nel catalogo
- INTERVAL: intervallo in ore dal primo all'ultimo *picking*
- AVERAGE: frequenza media di occorrenza (N/INTERVAL) espressa in eventi/ora

Le righe successive sono semplicemente nel formato:

YY/MM/DD HH:MM:SS.mmm

ovvero con la data e l'ora di ogni *picking* effettuato.

A questo punto può iniziare la fase di revisione manuale. Per eliminare un *picking* errato, dovuto per esempio ad uno *spike*, basta posizionarsi con il cursore del mouse in uno stretto intorno del *marker* relativo a detto *picking* e clickare con il tasto destro. Il *marker* cambierà colore passando da rosso a viola e l'evento relativo sarà rimosso dal file catalogo. Per inserire un nuovo *marker* è sufficiente posizionarsi in corrispondenza dell'evento che si vuole aggiungere e clickare con il tasto sinistro. Un nuovo *marker* di colore celeste sarà visualizzato (fig. 3) e l'evento sarà inserito nel catalogo. Se si ha necessità di effettuare la lettura precisa di una fase sismica si può selezionare la funzione *zoom* (fig. 4). Il file catalogo sarà aggiornato dopo ognuna di queste operazioni.

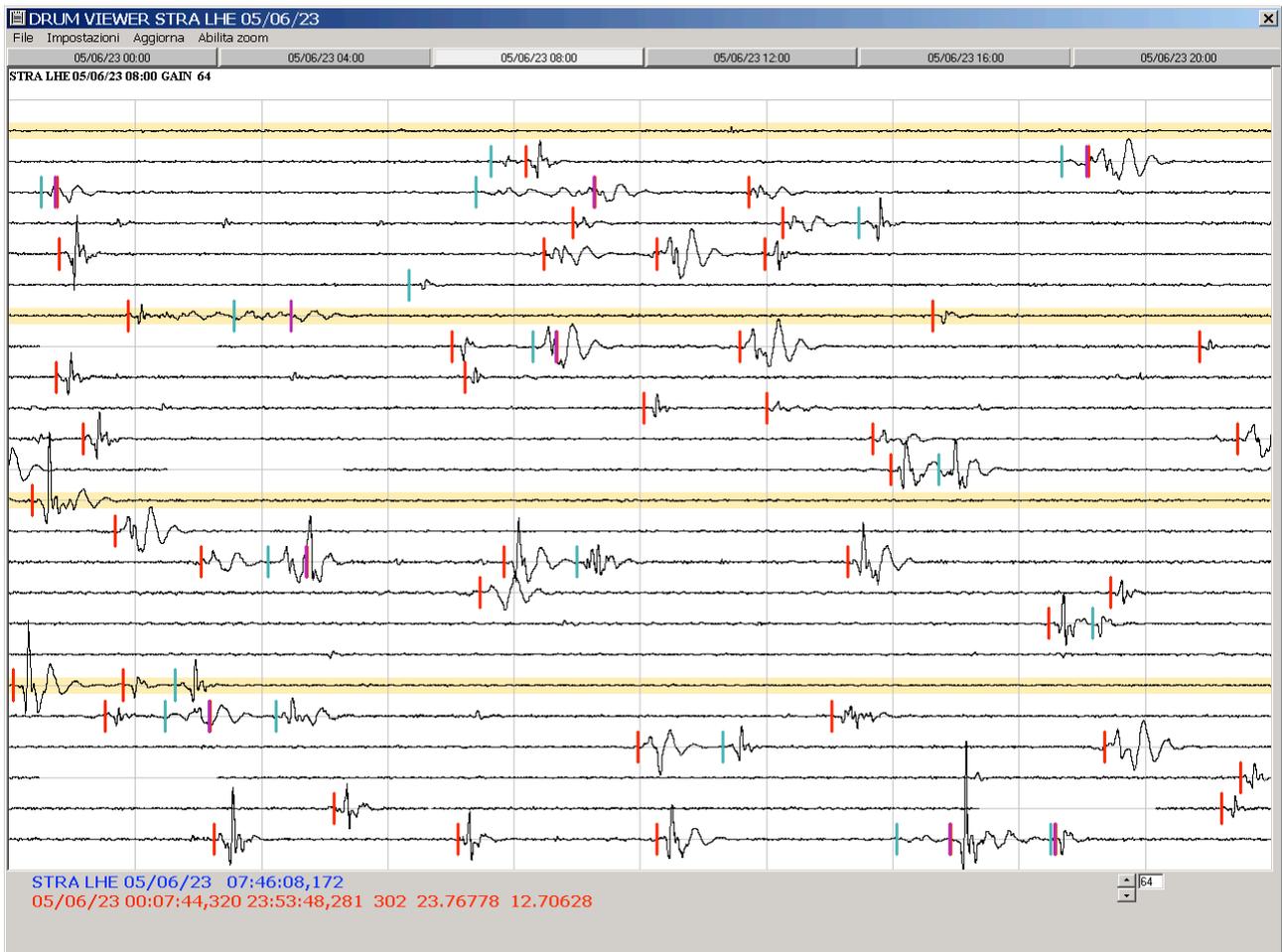


Figura 3. Schermata con *picking* automatico (*markers* rossi), *picking* eliminati (*markers* viola) e *piking* corretti manualmente (*markers* celesti).

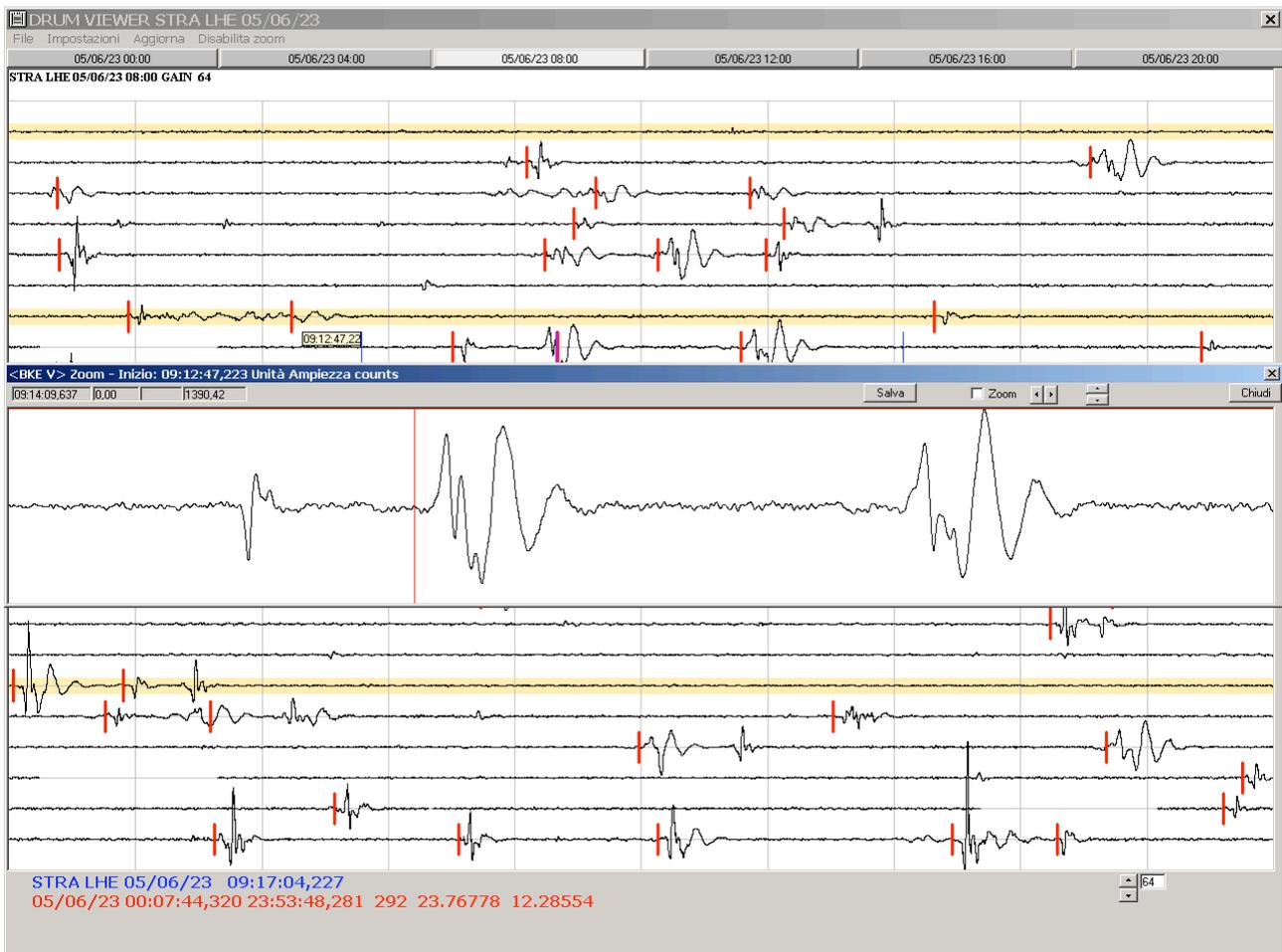


Figura 4. Schermata con lo *zoom* e il posizionamento del nuovo *marker*.

3. Esempi di applicazioni

La figura 5 mostra una schermata di Drum_Pkev nella sua applicazione per la creazione del catalogo supervisionato degli eventi VLP di Stromboli. Si noti che nel caso riportato in figura, caratterizzato da un buon rapporto segnale/rumore, nessun *marker* è stato rimosso o corretto. In figura 6 è riportato l'andamento della frequenza oraria degli eventi in esame a partire dal 17 gennaio 2003 fino al 30 giugno 2009. Per generare questo catalogo oltre 662900 eventi sono stati rivisti manualmente con l'ausilio di Drum_Pkev. Si noti il picco corrispondente all'aprile 2007, che si è verificato subito dopo la fine della fase eruttiva iniziata il 27 febbraio dello stesso anno [Giudicepietro et al., 2009].

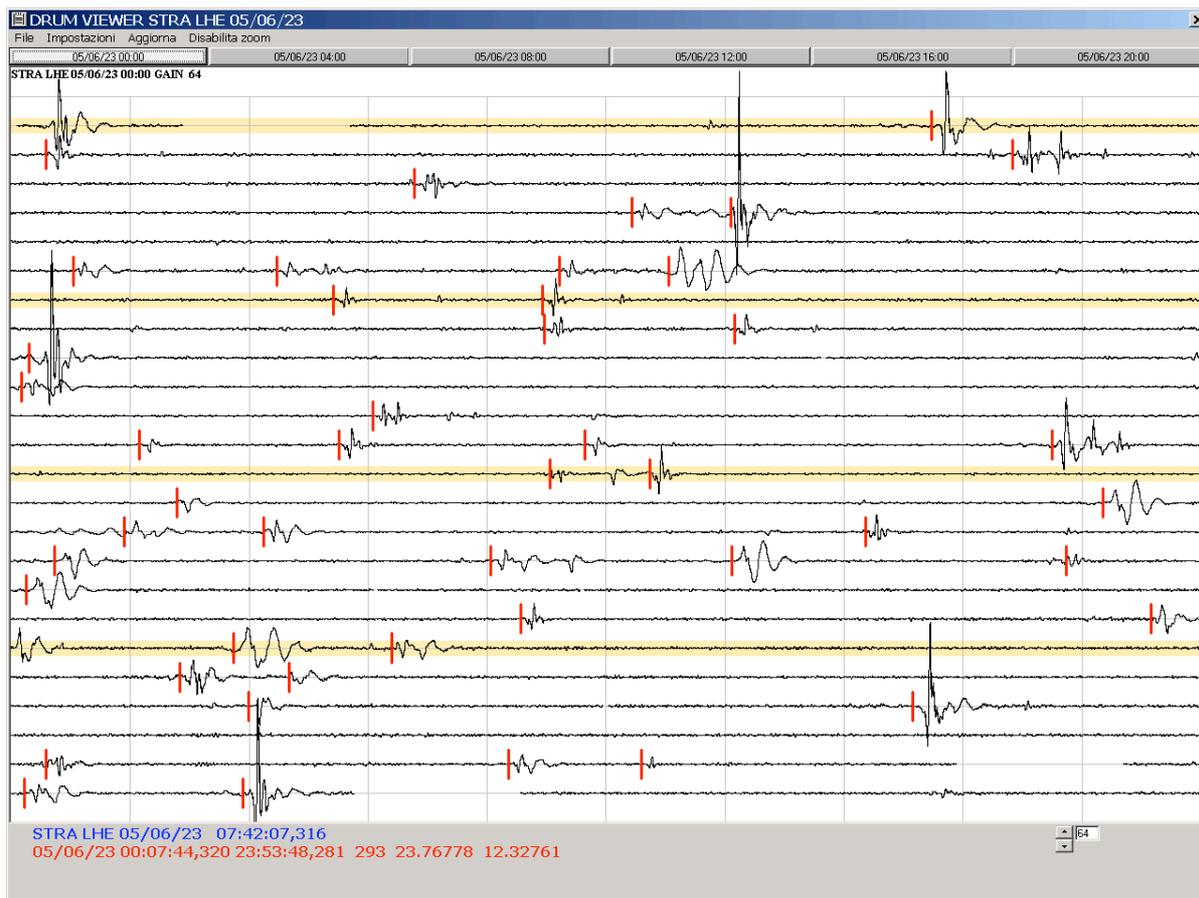


Figura 5. Schermata con *picking* automatico.

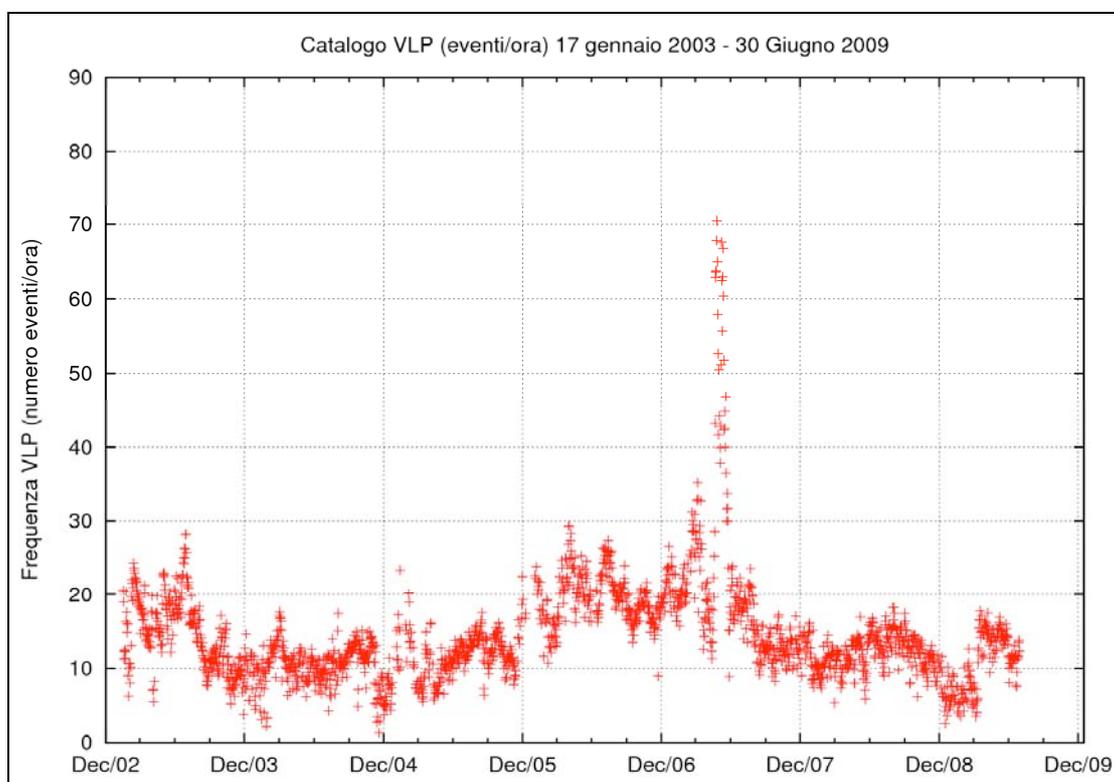


Figura 6. Frequenza di accadimento dei segnali VLP registrati a Stromboli dal 17 gennaio 2003 al 30 giugno 2009.

La figura 7 presenta un'applicazione del programma per effettuare il *picking* di eventi ibridi di uno sciame registrato a Stromboli nel maggio 2007. La figura 8 presenta invece un esempio di utilizzo di Drum_Pkev per effettuare la lettura dei tempi di segnali infrasonici, il cui studio sta diventando sempre più importante per la comprensione dei processi vulcanici [Matoza et al., 2009]. Si noti che in questo caso il programma è stato installato sotto Linux tramite l'utilizzo del sistema WINE (*Wine Is Not an Emulator*), un software di pubblico dominio che permette di far funzionare programmi scritti per Microsoft Windows su computers dotati di sistema operativo di tipo Unix [<http://linux.softpedia.com/>].

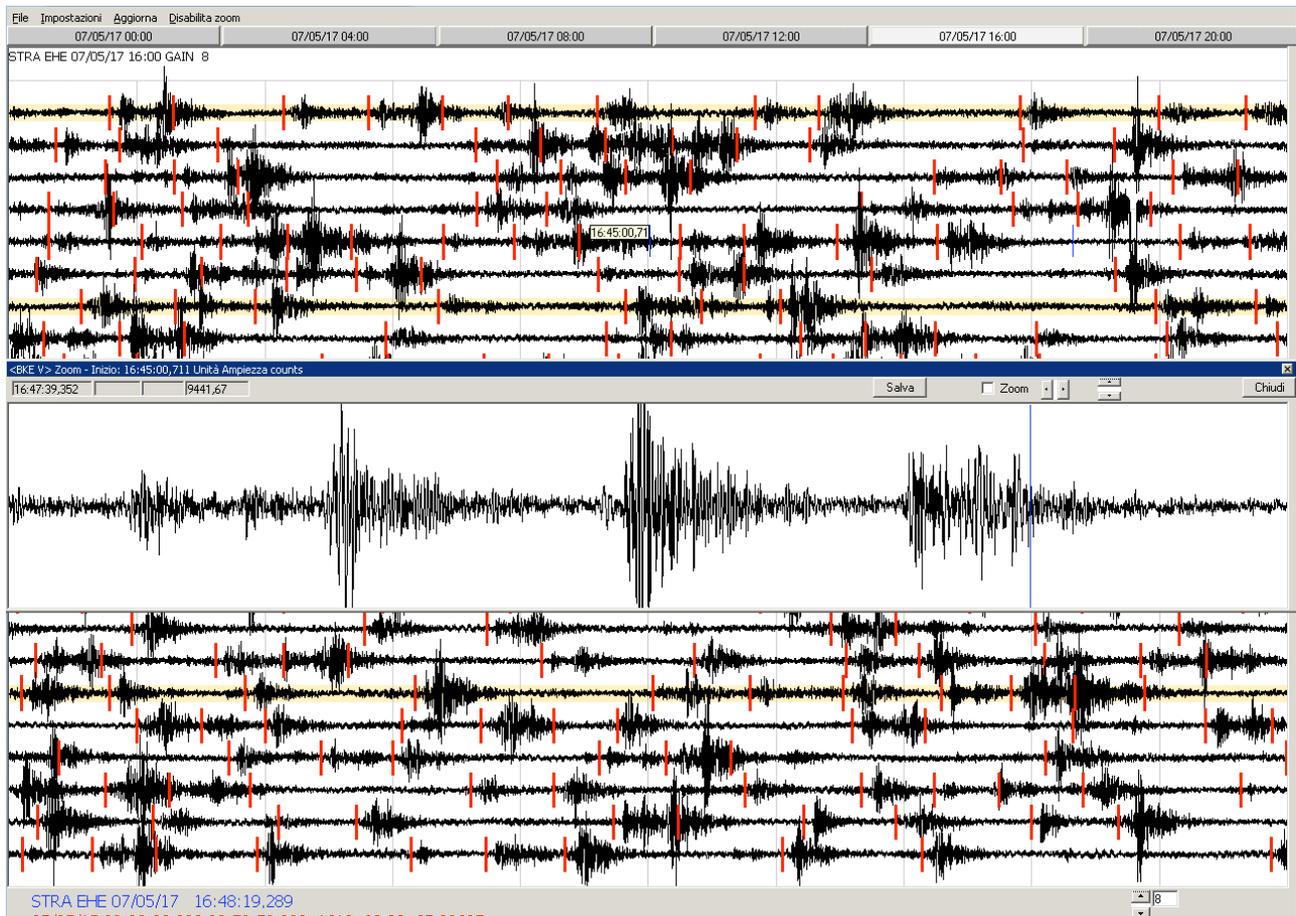


Figura 7. Schermata del programma Drum_Pkev relativa al *picking* di uno sciame di eventi ibridi registrato a Stromboli il 17 maggio 2007.

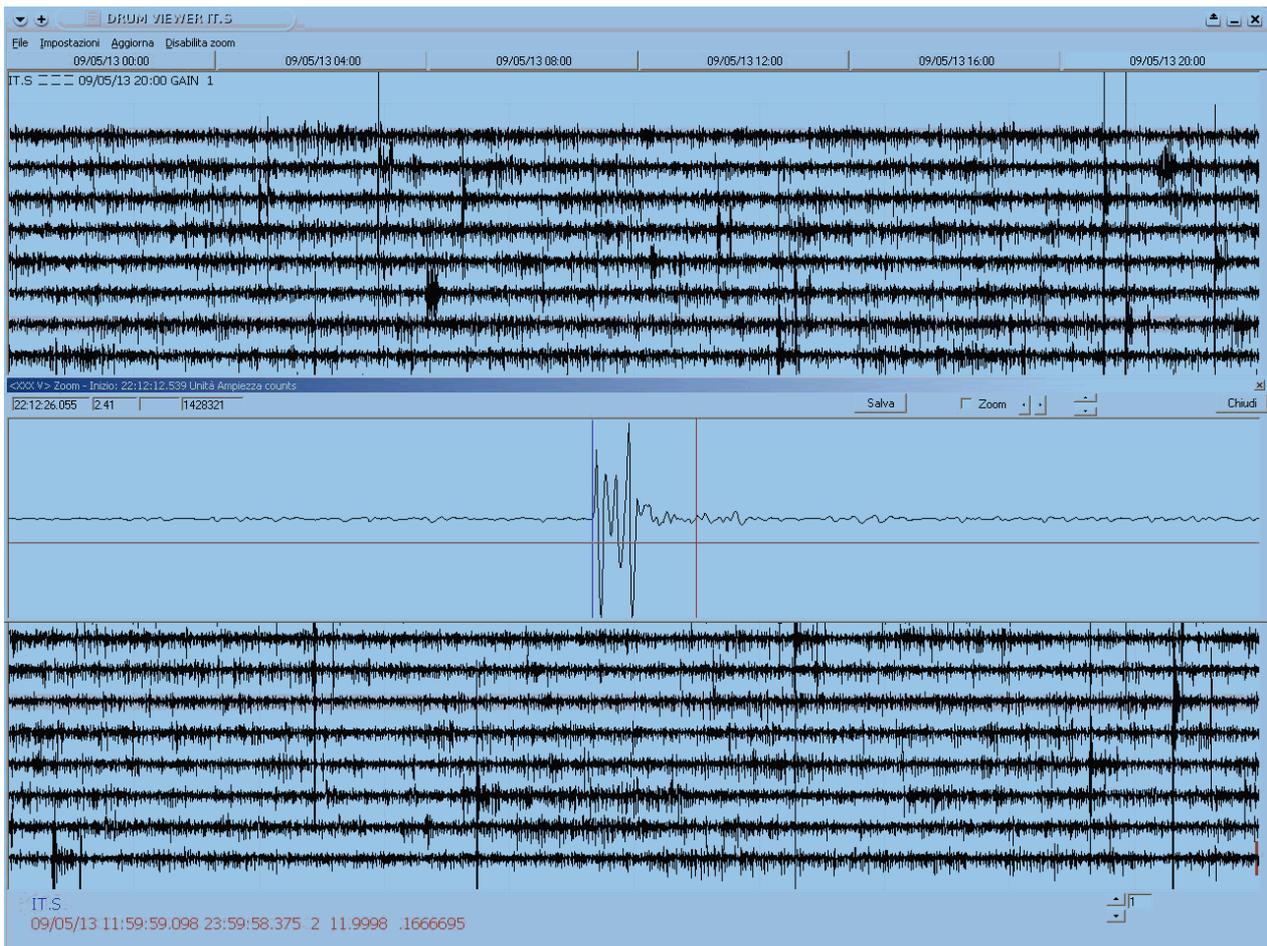


Figura 8. Finestra di *zoom* del Drum_Pkev con segnali infrasonici registrati a Stromboli.

4. Conclusioni

Il programma Drum_Pkev si è dimostrato un utile strumento per le attività di laboratorio sismologico in presenza di eventi con elevata frequenza di accadimento. Questo programma, nato specificamente per consentire una supervisione da parte degli analisti sismologi dei cataloghi dell'attività sismica di Stromboli generati automaticamente, si è rivelato adatto all'analisi di diversi tipi di segnali quali eventi ibridi o LP in sequenze a sciame e segnali infrasonici. La sua semplicità d'uso, infatti permette di effettuare le operazioni di *picking* agevolmente e molto rapidamente senza nessun *training* degli operatori. Questo programma può essere eseguito anche in ambiente Linux senza perdere alcuna funzionalità, utilizzando il *software Open Source Wine* che permette di installare ed eseguire applicazioni Windows su Linux. Gestisce inoltre un formato dati semplice basato su strutture native di un sistema come Earthworm, i cui formati si sono rapidamente affermati come standard internazionali. Tutte queste caratteristiche fanno di Drum_pkev un *software* di successo, largamente utilizzato presso il laboratorio di sismologia dell'Osservatorio Vesuviano (INGV).

Bibliografia

Chouet, B., Dawson, P. and Martini, M., (2008). Shallow-conduit dynamics at Stromboli Volcano, Italy, imaged from waveform inversions. In: Geological Society, London, Special Publications 2008; v.307; p.57-84 doi:10.1144/SP307.5.

D'Auria, L., and Martini, M., (2009). Slug flow: modeling in a conduit and associated elastic radiation. In: Encyclopedia of Complexity and System Science, "Complexity in Earthquakes, Tsunamis, and Volcanoes, and Forecast and Warning", 00339, 485/485, Ed. R. Meyer, Springer, 1 edition (June 2009).

De Cesare, W., Orazi, M., Peluso, R., Scarpato, G., Caputo, A., D'Auria, L., Giudicepietro, F., Martini, M., Buonocunto, C., Capello, M., Esposito, A. M., (2009). The broadband seismic network of Stromboli volcano, Italy. In: *Seismological Research Letters*, Vol. 80, Number 3 May/June 2009, pp. 435-439, doi: 10.1785/gssrl.80.3.435.

Giudicepietro, F., (2001). WINDRUM: a program for the continuous seismic monitoring. New version. In: *Osservatorio Vesuviano Open-File Report*, 2-2001, 14 pp.

Giudicepietro, F., D'Auria, L., Martini, M., Caputo, T., Peluso, R., De Cesare, W., Orazi, M., Scarpato, G., (2009). Changes in the VLP seismic source during the 2007 Stromboli eruption. In: *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, 182 (2009), 162-171, doi:10.1016/j.jvolgeores.2008.11.008.

Martini, M., Giudicepietro, F., D'auria, L., Esposito, A. M., Caputo, T., Curciotti, R., De Cesare, W., Orazi, M., Scarpato, G., Caputo, A., Peluso, R., Ricciolino, P., Linde, A., Sacks, S., (2007). Seismological monitoring of the February 2007 effusive eruption of the Stromboli volcano. In: *Annals of Geophysics*, Vol. 50, N. 6, December 2007, pp. 775-788.

Matoza, R. S., Garces, M. A., Chouet, B.A., D'Auria, L., Hedlin, M. A. H., De Groot-Hedlin, C. and Waite, G.P., (2009). The source of infrasound associated with long-period events at Mount St. Helens. In: *J. Geoph. Res.*, 114, doi:10.1029/2008JB006128.

Coordinamento editoriale e impaginazione

Centro Editoriale Nazionale | INGV

Progetto grafico e redazionale

Laboratorio Grafica e Immagini | INGV Roma

© 2010 INGV Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia

Via di Vigna Murata, 605

00143 Roma

Tel. +39 06518601 Fax +39 065041181

<http://www.ingv.it>



Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia