LA RETE SISMICA MOBILE DELL'OSSERVATORIO VESUVIANO

Mario La Rocca e Danilo Galluzzo

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

Introduzione

La Rete Sismica Mobile dell'OV (RSM-OV) è composta da circa 25 stazioni sismiche digitali gestite da due persone. Le attività sono articolate in funzione dei seguenti scopi: 1) intervento in caso di emergenza nelle aree vulcaniche della Campania; 2) monitoraggio dell'attività sismica in Campania; 3) intervento in caso di emergenza vulcanica e/o sismica in altre aree; 4) partecipazione a campagne di acquisizione dati nell'ambito di progetti specifici. La strumentazione disponibile è piuttosto eterogenea sia per quanto riguarda gli acquisitori che per i sensori, come riassunto in *Tabella 1*. Si tratta comunque di acquisitori digitali con *range* dinamico di 20 - 24 *bit*, e i sensori, tutti a tre componenti, sono per la maggior parte a larga banda (120 s, 60 s, 20 s). Le stazioni installate dalla RSM-OV funzionano in acquisizione locale in modalità continua con campionamento di 100 sps oppure 125 sps. In molti casi la strumentazione è alimentata mediante pannelli solari. In alcuni casi, dove le condizioni logistiche lo consentono, vengono utilizzati acquisitori a 6 canali che acquisiscono i segnali di un sismometro larga banda e un accelerometro. Attualmente nelle aree vulcaniche campane sono installate 9 stazioni a larga banda e 2 accelerometri ai Campi Flegrei, e 3 stazioni a larga banda al Vesuvio. Periodicamente si provvede alla sostituzione del supporto di acquisizione (*Flash card*, *Hard Disk*, *card pcmcia*). I dati vengono decodificati in laboratorio e archiviati in *file* formato SAC di 1 ora.

Nell'ultimo decennio la RSM-OV è intervenuta numerose volte in aree vulcaniche per migliorare il monitoraggio dell'attività sismica in periodi di attività vulcanica anomala o particolarmente intensa.

La *Tabella 2* riassume gli interventi più significativi. Oltre alle attività istituzionali di monitoraggio delle aree vulcaniche, la RSM-OV partecipa a campagne di acquisizione dati realizzate nell'ambito di collaborazioni e progetti nazionali e internazionali. Le più significative dell'ultimo decennio sono riassunte in *Tabella 3*.

Una RSM per essere efficace deve basarsi sull'uso di strumentazione facile da installare e da gestire dato che in caso di emergenza non c'è il tempo per preparare adeguatamente i siti. I bassi consumi di energia, l'affidabilità e la qualità dei segnali sono altri requisiti fondamentali, soprattutto quando l'acquisizione avviene in modalità locale e non è possibile controllare da remoto lo stato della strumentazione. Stazioni in acquisizione locale non contribuiscono alla sorveglianza in tempo reale, ma possono dare un importante contributo al monitoraggio dell'attività sismica e/o vulcanica. Pertanto la facilità di gestione del supporto di acquisizione da parte della stazione e la facilità di decodifica dei dati da parte dell'utente sono altre caratteristiche molto importanti da considerare nella scelta della strumentazione. Le numerose campagne di acquisizione dati realizzate nelle condizioni più diverse ci consententono di valutare le caratteristiche della strumentazione in nostra dotazione. Ovviamente il nostro giudizio non può prescindere dall'uso che viene fatto della strumentazione, quindi non deve essere interpretato come una valutazione assoluta della bontà di uno strumento.

Acquisitore *Lennartz Marslite*

Per quanto riguarda gli acquisitori *Lennartz Marslite* il problema più comune è la *time tear*. Pare che questo problema sia dovuto ad un baco del ricevitore GPS che a volte fornisce il tempo GPS invece del tempo UTC. Questi due tempi differiscono di un numero intero di secondi che varia nel corso degli anni. Attualmente la differenza di tempo è di 15 secondi. Per questo motivo i dati acquisiti dalle *Marslite* a volte hanno una *time tear* di 15 secondi. Fortunatamente essa è segnalata nelle informazioni di SOH della stazione, quindi può essere corretta a posteriori. Ciò nonostante, quando si manifesta la *time tear* i dati acquisiti presentano una discontinuità che dipende dalla frequenza di campionamento (tipicamente 16 secondi a 125 sps). A parte la *time tear*, le *Marslite* si sono rivelate estremamente affidabili nell'uso prolungato anche in condizioni estreme (ad esempio in Antartide). La versione originale di questi strumenti è stata da noi modificata sostituendo il *drive* magneto-ottico con un *drive* MC-DISK. In questo modo possiamo utilizzare *cards* PCMCIA e/o *flash cards* di grande capacità (attualmente fino a 8GB) per l'acquisizione dei

dati piuttosto che i dischi magneto-ottici (di capacità massima 520 MB) utilizzabili nelle *Marslite* originali. Una memoria di 8 GB garantisce una autonomia di circa 4 mesi in acquisizione continua a 125 sps.
La decodifica dei dati è molto semplice e veloce utilizzando i programmi appositamente forniti dalla *Lennartz*. Le informazioni di SOH sono altrettanto facilmente accessibili e abbastanza chiare, almeno negli aspetti fondamentali.

Acquisitore *Lennartz* M24

Gli acquisitori *Lennartz* M24 nel corso degli anni si sono rivelati poco adeguati per la RSM, soprattutto in caso di installazioni dove può mancare l'energia elettrica. Nelle M24 a 6 canali le due terne di digitalizzatori hanno due *clock* indipendenti, e quindi in assenza di segnale GPS i dati acquisiti non sono sincronizzati. In questo strumento non è prevista una correzione graduale della differenza tra il *clock* interno e il tempo fornito dal GPS (come avviene nella maggior parte degli acquisitori sismici). Quando all'accensione del GPS tale differenza supera una certa soglia, il *clock* interno viene brutalmente sincronizzato e l'ultimo pacchetto di dati acquisiti (1000 campioni) viene semplicemente buttato, creando così una discontinuità nei dati. L'accensione continua del GPS elimina questo problema, ma aumenta il consumo di energia di circa 1W. Ulteriori caratteristiche negative della M24 sono una notevole lentezza quando viene accesa dopo un lungo periodo di inattività e la gestione dello SOH, che non viene salvato insieme ai dati sull'*Hard Disk* ma è consultabile solamente attraverso l'interfaccia *web*. La copia dei dati dall'*Hard Disk* è banale ma il lettore fornito dalla *Lennartz* è estremamente lento. Il ricevitore GPS esterno è una caratteristica molto positiva degli acquisitori *Lennartz* (sia M24 che *Marslite*).

Acquisitore *Nanometrics Taurus*

Gli acquisitori *Nanometrics Taurus* sono ottimi per compattezza e consumo estremamente basso, ma presentano notevoli problemi nella gestione dei supporti di acquisizione (*flash card* e HD). Inoltre la gestione del modulo *Trident*, che estende il numero di canali a 6, è estremamente difficoltosa sia per quanto riguarda la configurazione che lo scarico dei dati. Un grave inconveniente di questa strumentazione è il ricevitore GPS interno, che non permette di sincronizzare la stazione quando l'antenna deve essere posta a più di circa 10-15 metri di distanza. Questo fatto impedisce l'uso dello strumento in siti che potrebbero essere ottimi per rilevare dati sismici, come ad esempio tunnel e locali sotterranei. La decodifica dei dati acquisiti dalla *Taurus* è operazione piuttosto macchinosa che si può effettuare solamente attraverso il *software* "Apollo", la cui installazione spesso non è banale.

I sismometri

Anche i sensori non sono esenti da problemi tecnici. I *Lennartz* LE-3D/20s all'inizio erano ottimi strumenti, ideali per installazioni veloci e in siti improvvisati, dato che non necessitano di regolazione delle masse e non hanno problemi con le variazioni di temperatura. Tuttavia con il passare degli anni molti di essi hanno cominciato a manifestare degli impulsi anomali, spesso innescati da una sollecitazione impulsiva anche di piccola entità. Un esempio di tali segnali anomali è mostrato in *Figura 1*.

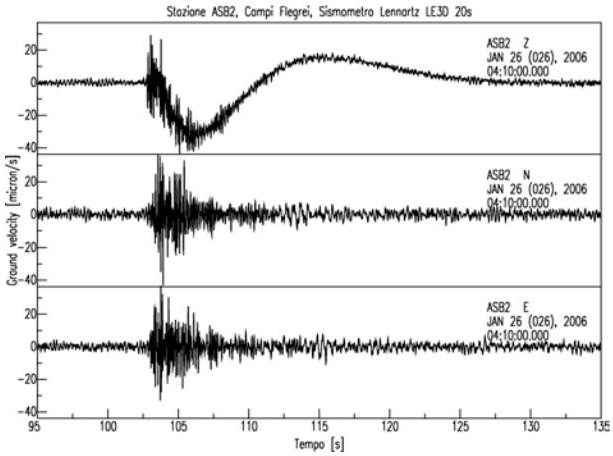

Figura 1. Tipico impulso anomalo prodotto da un sismometro *Lennartz* LE3D/20s sulla componente verticale innescato dal piccolo segnale impulsivo (un terremoto locale).

I sismometri *Teledyne - Geotech* KS2000, con periodo proprio di 120 secondi, quando funzionano correttamente sono ottimi strumenti, anche se la regolazione manuale delle masse è impresa tutt'altro che banale e il consumo di 140 mA può essere eccessivo nei mesi invernali nelle installazioni con pannelli solari. Tuttavia alcuni di questi sismometri spesso producono segnali a frequenza molto bassa che non hanno alcuna relazione con il moto del suolo. Un esempio è

mostrato in *Figura 2*. La causa di questi segnali anomali non è nota.
I sismometri *Guralp* CMG-40T (60 s) si sono rivelati i migliori per affidabilità e qualità dei segnali.
I sismometri *Lennartz* LE3Dlite (1 s) sono ottimi strumenti caratterizzati da grande affidabilità nel tempo, dimensioni e peso molto ridotti, e basso consumo (8 mA).

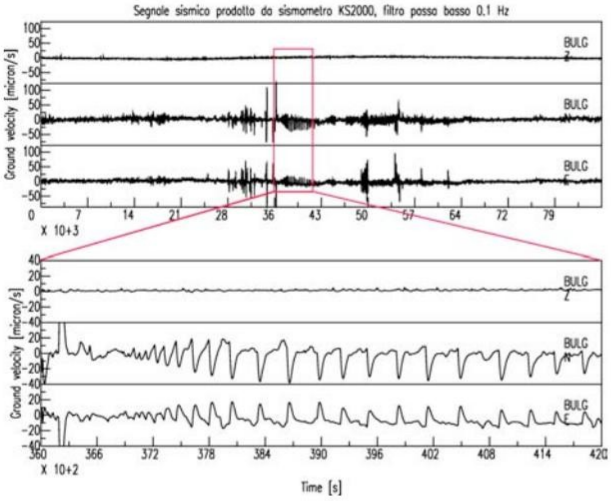

Figura 2. Tipici segnali anomali a frequenza molto bassa prodotti da un sismometro *Teledyne-Geotech* KS2000. Il grafico in alto mostra un giorno di sismogrammi filtrati passa basso con frequenza d'angolo corrispondente a 10 secondi. In basso sono mostrati in maggiore dettaglio 100 minuti degli stessi segnali.

Sviluppi futuri

Per i prossimi anni prevediamo pochi acquisti di nuova strumentazione, data la scarsità di fondi disponibili. Pertanto gli interventi più importanti saranno mirati a migliorare l'efficienza della RSM continuando a utilizzare la strumentazione già disponibile. In particolare si vuole dotare le stazioni più moderne (REF TEK e *Taurus*) di sistemi di trasmissione per controllarne da remoto il funzionamento e scaricare dati in caso di eventi interessanti.
Sarebbe importante acquistare almeno un altro acquisitore multicanale per l'installazione di piccoli *array* in caso di emergenze in aree vulcaniche. Un possibile candidato è l'acquisitore REF TEK 130 MC18A a 18 canali, di cui un esemplare è attualmente installato nei pressi di Pozzuoli e sta funzionando ottimamente da alcuni mesi.

Altri obiettivi da perseguire sono la creazione di un *database* accessibile a tutti, e l' installazione di altre stazioni multisensore, associando al sismometro *broad band* un accelerometro oppure un tiltmetro.

GLI ACQUISITORI
15 Lennartz Marslite
5 Lennartz M24 (6 canali)
6 Nanometrics Taurus + modulo Trident (3+3 canali)
1 Reftek 130 (6 canali)
1 Reftek 130 MC18A (18 canali)

I SISMOMETRI
6 Guralp CMG-40T (60 s)
6 Teledyne-Geotech KS2000 (120 s)
15 Lennartz LE3D/20s (20 s)
30 Lennartz LE3D lite (1 s)

GLI ACCELEROMETRI
16 Kinemetrics Episensor FBA-3ST

Tabella 1. La strumentazione in dotazione alla RSM - OV.

AREA VULCANICA	***STRUMENTAZIONE INSTALLATA***
Ischia	
2001	3 stazioni a corto periodo
Etna	
2001	stazioni a larga banda
2002 - 2003	stazioni a larga banda
2004	stazioni a larga banda, due array
2005	stazioni a larga banda
2008	stazioni a larga banda, due tiltmetri
Panarea	
2002 - 2003	tre stazioni a larga banda
Stromboli	
2003	un array di 9 stazioni corto periodo
2006	una decina di stazioni

Tabella 2. Interventi in aree vulcaniche in Italia.

AREA	***STRUMENTAZIONE INSTALLATA***
Nisyros (Grecia) 2001	tre stazioni a larga banda e un *array* a corto periodo
Colfiorito 2002	oltre 10 stazioni
Sao Miguel (Azzorre) 2003	10 stazioni, a larga banda e a corto periodo
Seattle (USA) 2004	13 stazioni a corto periodo
Colima (Messico) 2005-2006	4 stazioni a larga banda
Gran Sasso 2007	un array di 6 stazioni a corto periodo
Vico Equense 2010	accelerometri e sismometri

Tabella 3. Campagne di acquisizione dati nell'ambito di progetti specifici.