

# m

# Miscellanea

# INGV

Riassunti estesi del I° Workshop Tecnico

**Monitoraggio sismico del territorio nazionale:  
stato dell'arte e sviluppo delle reti di  
monitoraggio sismico**

Roma 20 | 21 dicembre 2010

# 10



## **Direttore**

Enzo Boschi

## **Editorial Board**

Raffaele Azzaro (CT)

Sara Barsotti (PI)

Mario Castellano (NA)

Viviana Castelli (BO)

Rosa Anna Corsaro (CT)

Luigi Cucci (RM1)

Mauro Di Vito (NA)

Marcello Liotta (PA)

Simona Masina (BO)

Mario Mattia (CT)

Nicola Pagliuca (RM1)

Umberto Sciacca (RM1)

Salvatore Stramondo (CNT)

Andrea Tertulliani - Editor in Chief (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

# m

# Miscellanea

# INGV

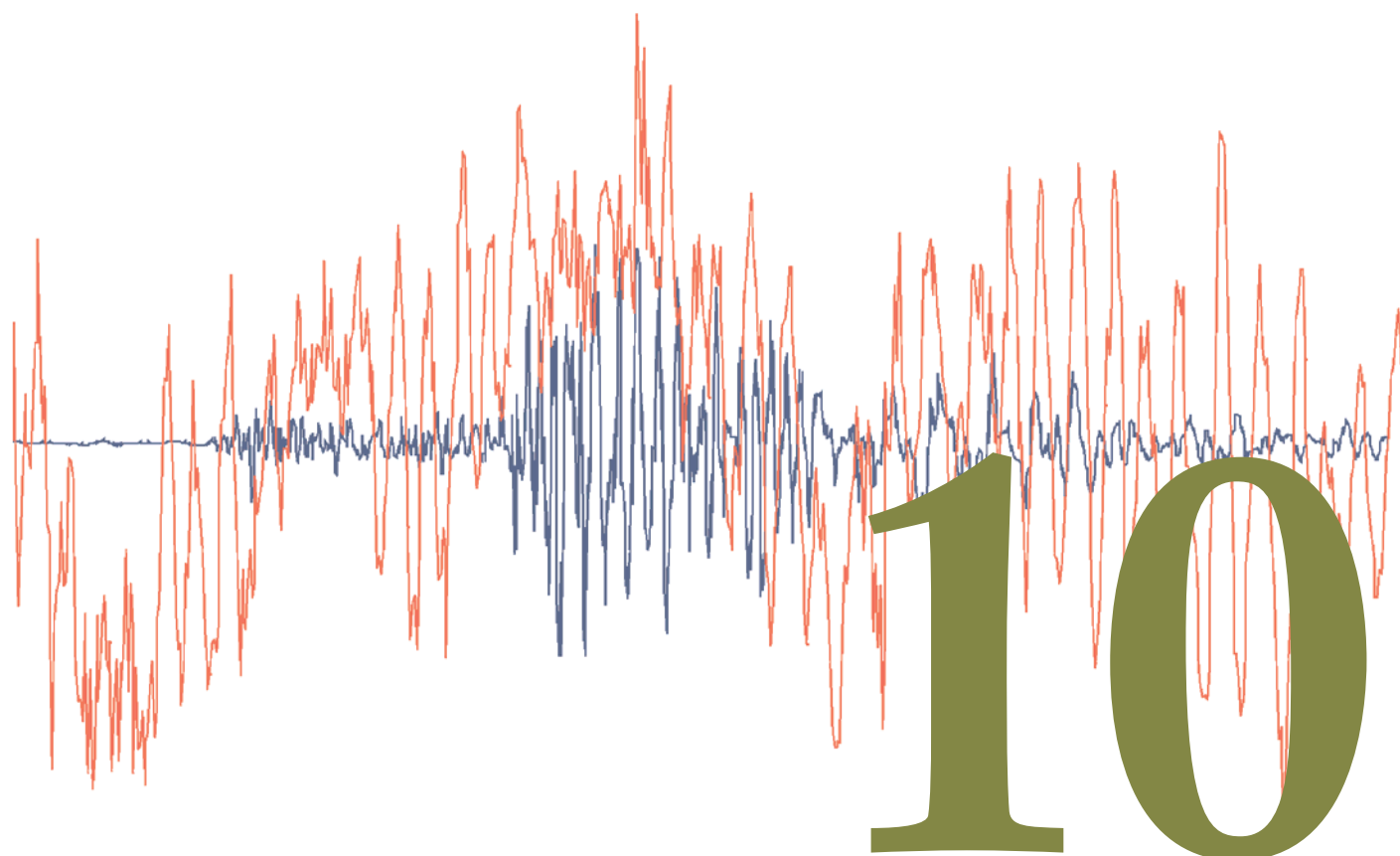
RIASSUNTI ESTESI DEL 1° WORKSHOP TECNICO

**MONITORAGGIO SISMICO DEL TERRITORIO NAZIONALE:  
STATO DELL'ARTE E SVILUPPO DELLE RETI DI MONITORAGGIO SISMICO**

ROMA 20 | 21 DICEMBRE 2010

a cura di Marco Cattaneo e Milena Moretti

INGV (Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia, Centro Nazionale Terremoti)



Il *Workshop* ha rappresentato la prima occasione di incontro, a 10 anni dalla nascita dell'INGV, fra tutte le componenti che rendono possibile un monitoraggio sismico di alta qualità dell'intero territorio italiano.

Desideriamo quindi ringraziare:

- tutti i **partecipanti** al *Workshop* per l'interesse mostrato, la qualità degli interventi e il vivo dibattito che hanno consentito di raggiungere ampiamente gli obiettivi previsti dagli organizzatori;
- il Direttore del CNT **Giulio Selvaggi** che ha caldamente sostenuto l'iniziativa del TTC 1.1 "Monitoraggio sismico del territorio nazionale", per i preziosi consigli e suggerimenti dati nella fase organizzativa, per l'attiva partecipazione durante il *Workshop* e per la possibilità dataci di offrire a tutti i partecipanti *gadgets* e succulenti *coffee breaks*;
- **Manuela Di Santo**, della Segreteria del CNT, per l'aiuto e l'entusiasmo mostrato sia durante la fase organizzativa che lo svolgimento del *Workshop*.

Infine, un sentito ringraziamento a **Francesca Di Stefano** e a **Rossella Celi** della Segreteria di Redazione del CEN per l'insostituibile lavoro svolto nelle attività che a loro competono, ma soprattutto per la passione e lo scrupolo mostrato nella fase editoriale del presente volume, per le soluzioni e per i personali consigli forniti e, non ultimo, per l'infinita pazienza che le contraddistingue.

Marco Cattaneo e Milena Moretti

# Indice

<b>Premessa</b>	9
<b>Monitoraggio sismico del territorio nazionale</b> Alberto Delladio	11
<b>La RSN gestita dall'Osservatorio di Grottaminarda</b> Ciriaco D'Ambrosio	17
<b>Rete Sismometrica Marchigiana e sua integrazione con la RSN e Rete AVT</b> Ezio D'Alema, Marco Cattaneo, Massimo Frapiccini, Simone Marzorati, Giancarlo Monachesi, Maurizio Ferretti	19
<b>La Rete Sismica regionale Abruzzo e sua integrazione con la RSN</b> Gaetano De Luca	22
<b>La Rete Sismica Permanente della Sicilia Orientale della Sezione di Catania</b> Sergio Di Prima, Pasqualino Cappuccio, Danilo Contrafatto, Graziano Larocca, Marco Manni, Salvatore Rapisarda, Marco Sassano, Luciano Scuderi	24
<b>La Rete Sismica Permanente dell'Osservatorio Vesuviano</b> Massimo Orazi, Ciro Buonocunto, Marco Capello, Antonio Caputo, Luca D'Auria, Walter De Cesare, Flora Giudicepietro, Marcello Martini, Rosario Peluso, Giovanni Scarpatò	28
<b>ISNET network and its applications</b> Claudio Martino, Luca Elia, Maurizio Vassallo, Martino Di Crosta	31
<b>Acquisizione dati al Centro di Ricerche Sismologiche dell'Istituto Nazionale di Oceanografia e di Geofisica Sperimentale - OGS</b> Damiano Pesaresi e Pier Luigi Bragato	38
<b>La Rete Sismica Regionale dell'Italia Nord-Occidentale: aggiornamenti tecnici e sviluppi futuri</b> Marco Pasta, Daniele Spallarossa, Gabriele Ferretti, Mauro Pavan, Davide Scafidi, Giacomo Carenzo	42
<b>La rete sismica della Calabria</b> Anna Gervasi e Ignazio Guerra	48
<b>La Rete Sismica Mobile del CNT e la CO.RE.MO.</b> Milena Moretti e Aladino Govoni	51
<b>Re.Mo.Tel.: l'esperienza durante l'emergenza "L'Aquila 2009"</b> Luigi Abruzzese, Gianpaolo Cecere, Giovanni De Luca, Luigi Zarrilli	55
<b>2001-2011: Dieci anni di attività della Rete Sismica Mobile della Sezione di Catania</b> Luciano Zuccarello, Alfio Messina, Salvatore Rapisarda, Pier Raffaele Platania, Giampiero Aiesi, Pasqualino Cappuccio, Danilo Contrafatto, Graziano Larocca, Marco Manni, Marco Sassano, Luciano Scuderi	57
<b>La Rete Sismica Mobile dell'Osservatorio Vesuviano</b> Mario La Rocca e Danilo Galluzzo	61
<b>OMBRA: Observing Montello BRoad Activity. Una rete temporanea per lo studio dei processi di deformazione attraverso la faglia del Montello (Alpi orientali)</b> Adriano Cavaliere, Peter Danecek, Simone Salimbeni, Stefania Danesi, Silvia Pondrelli, Enrico Serpelloni, Paolo Augliera, Gianlorenzo Franceschina, Sara Lovati, Marco Massa, Mariano Maistrello, Vera Pessina	65

<b>Livelli di detezione da stazioni sismiche in pozzo</b> Paolo Augliera, Gianlorenzo Franceschina, Marco Massa, Sara Lovati, Ezio D'Alema, Simone Marzorati	68
<b>Sensori in pozzo della RSN dell'INGV</b> Simone Marzorati, Marco Cattaneo, Ezio D'Alema, Massimo Frapiccini, Chiara Ladina, Giancarlo Monachesi	72
<b>L'Ocean Bottom Seismometer (OBS/H) dell'INGV: stato dell'arte</b> Giuseppe D'Anna, Giorgio Mangano, Antonino D'Alessandro	76
<b>La stazione multiparametrica CUMAS nel golfo di Pozzuoli</b> Sergio Guardato	82
<b>L'acquisitore a basso consumo GILDA</b> Massimo Orazi, Rosario Peluso, Marcello Martini, Ciro Buonocunto, Marco Capello, Antonio Caputo	86
<b>Sistemi di alimentazione RSN centro – sud</b> Ciriaco D'Ambrosio	89
<b>Sistemi di alimentazione della rete Alta Val Tiberina</b> Marco Cattaneo, Ezio D'Alema, Massimo Frapiccini, Simone Marzorati, Giancarlo Monachesi	91
<b>Intervento reatino rete Wi-Fi</b> Vincenzo Cardinale	94
<b>Sistema di trasmissione satellitare ASTRA2connect</b> Massimiliano Vallocchia	97
<b>Attività di sala operativa</b> Alberto Basili	99
<b>I sistemi di allarme automatici e sala di monitoraggio dell'Osservatorio Vesuviano</b> Walter De Cesare, Rosario Peluso, Giovanni Scarpato, Flora Giudicepietro	101
<b>Sistemi di controllo in uso al centro di acquisizione della sede di Ancona</b> Giancarlo Monachesi, Marco Cattaneo, Ezio D'alema, Massimo Frapiccini, Simone Marzorati, Maurizio Ferretti	103
<b>L'acquisizione e l'analisi dei dati sismici al CNT</b> Salvatore Mazza, Alberto Basili, Andrea Bono, Valentino Lauciani, Carlo Marcocci, Alfonso Mandiello, Franco Mele, Stefano Pintore, Matteo Quintiliani, Laura Scognamiglio, Giulio Selvaggi	108
<b>Acquisizione dati sismici presso la sede Irpinia</b> Luigi Falco	113
<b>I sistemi di acquisizione della Sezione di Catania</b> Danilo Reitano, Orazio Torrisi, Marcello D'Agostino, Salvatore Mangiagli	117
<b>I sistemi di acquisizione all'Osservatorio Vesuviano</b> Rosario Peluso, Walter De Cesare, Giovanni Scarpato	121
<b>Acquisizione presso la sede di Ancona</b> Marco Cattaneo, Ezio D'Alema, Massimo Frapiccini, Simone Marzorati, Giancarlo Monachesi	124
<b>La base di dati ISIDE: stato attuale e possibili sviluppi</b> Franco Mele, Alberto Basili, Andrea Bono, Valentino Lauciani, Alfonso Mandiello, Carlo Marcocci, Salvatore Mazza, Stefano Pintore, Matteo Quintiliani, Laura Scognamiglio, Giulio Selvaggi	128
<b>L'archiviazione e la distribuzione dei dati sismologici del CNT e l'integrazione dei dati della Rete Sismica Mobile</b> Salvatore Mazza, Andrea Bono, Valentino Lauciani, Carlo Marcocci, Alfonso Mandiello, Lucia Margheriti, Franco Mele, Milena Moretti, Stefano Pintore, Matteo Quintiliani, Laura Scognamiglio, Giulio Selvaggi	131

<b>Progetto ITACA: ITalian ACcelerometric Archive</b> Lucia Luzi, Francesca Pacor, Rodolfo Puglia, Marco Massa, Gabriele Ameri, Dino Bindi, Antonella Gorini, Adriano De Sortis	135
<b><i>MannekenPix</i>: Applicazione al dataset di “L’Aquila 2009”</b> Raffaele Di Stefano, Lauro Chiaraluca, Davide Piccinini, Luisa Valoroso	137
<b><i>Picking</i> automatico nella rete sismica dell’Italia Nord-Occidentale (RSNI)</b> Daniele Spallarossa, Gabriele Ferretti, Davide Scafidi e Marco Pasta	141
<b>Allegato: Le stazioni delle reti sismiche permanenti</b>	147
A.1 La Rete Sismica Nazionale   RSN	149
A.2 La Rete Sismometrica Marchigiana   RSM	158
A.3 La Rete Sismica dell’Umbria	159
A.4 La Rete Sismica Regionale Abruzzo   RSA	160
A.5 Irpinia Seismic Network   ISNET	162
A.6 La Rete Sismica dell’OGS	163
A.7 La Rete Sismica Regionale dell’Italia Nord-Occidentale   RSNI	166
A.8 La Rete Sismica della Calabria	167





## PREMESSA

Al fine di ottimizzare l'organizzazione e migliorare la sinergia tra le attività svolte presso le diverse Sezioni dell'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (INGV), a cavallo tra il 2004 il 2005 sono stati istituiti i Temi Trasversali Coordinati (TTC) ovvero delle strutture di coordinamento su argomenti di ricerca che interessavano Sezioni dell'Ente anche geograficamente molto distanti tra loro.

È definito **TTC** un tema previsto nel Piano Triennale dell'INGV, che coinvolge almeno tre Sezioni dell'Ente e che prevede il coordinamento di un'attività istituzionale.

In tale ottica il **TTC 1.1 "Monitoraggio sismico del territorio nazionale"** rappresenta un organismo fondamentale essendo la sorveglianza sismica uno dei temi primari dell'attività dell'INGV. Con questo TTC è stato prima avviato, e poi nel tempo mantenuto, il coordinamento tra le diverse Sezioni e sedi dislocate sul territorio nazionale che si occupavano di sorveglianza sismica.

Il TTC 1.1 armonizza le attività relative al monitoraggio sismico delle seguenti Sezioni, Osservatori e sedi INGV (*Figura 1*):

1. il **Centro Nazionale Terremoti (CNT)** la cui competenza è proprio il monitoraggio e la sorveglianza sismica del territorio nazionale garantiti attraverso la gestione e la manutenzione della Rete Sismica Nazionale [**RSN**, vedi Delladio, 2011- in questo volume] nata dopo il terremoto dell'Irpinia del 1980.

Oltre ai tecnici, tecnologi e ricercatori in attività presso la sede principale di Roma, il CNT ha personale presente in diverse sedi distaccate che si occupano delle reti permanenti e/o temporanee, ovvero:

- **sede di Ancona**: collabora alla gestione della RSN centro nord ed è responsabile della Rete Sismometrica Marchigiana [**RSM** - vedi D'Alema et al., 2011 - in questo volume];
- **sede de L'Aquila**: collabora alla gestione della RSN nella regione abruzzese ed è responsabile della Rete Sismica regionale Abruzzo (**RSA**, vedi De Luca, 2011 - in questo volume);
- **Osservatorio di Grottaminarda (sede Irpinia, Grottaminarda in provincia di Avellino)**: collabora alla gestione della RSN centro sud [vedi D'Ambrosio, 2011a - in questo volume];
- **Osservatorio di Gibilmanna** (Cefalù, in provincia di Palermo): collabora alla gestione della RSN attraverso la manutenzione delle stazioni nell'area siciliana-sud calabrese.



**Figura 1.** Mappa delle Sezioni (in rosso), delle sedi distaccate (in arancione) e degli Osservatori (in giallo) dell'INGV dislocati sul territorio nazionale.

2. La **Sezione di Catania – Osservatorio Etneo (OE)**: collabora alla gestione della RSN garantendo il mantenimento delle stazioni di sua pertinenza nell'area siciliana ed è responsabile del servizio di sorveglianza sismica e vulcanica dell'area Etnea, della Sicilia orientale e delle isole siciliane (Eolie e Pelagie) attraverso la gestione della Rete Sismica Permanente [**RSP** - vedi Di Prima, 2011 - in questo volume].

3. La **Sezione di Napoli – Osservatorio Vesuviano (OV)**: collabora alla gestione della RSN per l'Appennino campano ed è responsabile del servizio di sorveglianza sismica e vulcanica nell'area campana attraverso la gestione della Rete Sismica Permanente dell'OV [**RSP-OV**, vedi Orazi, 2011a - in questo volume].

Inoltre, in alcune regioni, la RSN è efficientemente integrata con reti di monitoraggio su scala regionale, gestite direttamente dalle Regioni o da enti locali di ricerca come il Dipartimento per lo Studio del Territorio e delle sue Risorse (**Dip.Te.Ris.**) dell'Università di Genova [vedi Pasta et al., 2011 - in questo volume], il

Dipartimento di Fisica dell'Università della Calabria [vedi Gervasi e Guerra, 2011 - in questo volume], il Centro Ricerche Sismologiche (CRS) dell'Istituto Nazionale di Oceanografia e Geofisica Sperimentale - OGS [vedi Pesaresi e Bragato, 2011 - in questo volume], la Fondazione Prato Ricerche e l'Osservatorio "A. Bina" di Perugia. Questa integrazione rappresenta un'efficiente ottimizzazione delle risorse e consente di presentare alla comunità un quadro univoco della sismicità, evitando confusioni e fraintendimenti.

Nell'ambito del monitoraggio di dettaglio, ricoprono un ruolo importante le reti sismiche temporanee presenti nelle diverse Sezioni/sedi (Milano-Pavia, OV, Roma, Catania e Irpinia) le quali lavorano in completa autonomia sul territorio di competenza ma sono in grado di realizzare un buon livello di sinergia là dove esperimenti ed emergenze sismiche richiedano una stretta collaborazione [vedi: Abruzzese et al., 2011; Cavaliere et al., 2011; La Rocca e Galluzzo, 2011; Moretti e Govoni, 2011; Zuccarello et al., 2011 - in questo volume].

Presso la Sezione Milano-Pavia - Sismologia Applicata all'Ingegneria opera inoltre la Rete Accelerometrica in Italia Settentrionale (RAIS<sup>1</sup>), costituita da 22 stazioni di cui 18 trasmettono i dati in tempo reale [Augliera et al., 2011].

In *Allegato A*, gli elenchi delle stazioni sismiche permanenti suddivise per reti.

## **I Workshop Tecnico**

Il 20-21 dicembre 2010 si è svolto, presso la sede INGV di Roma, il I *workshop* tecnico nell'ambito del TTC 1.1 "Monitoraggio sismico del territorio nazionale" sullo stato dell'arte e sullo sviluppo delle reti di monitoraggio sismico, sia permanenti che temporanee. Lo scopo principale era lo scambio d'informazioni tecniche e di esperienze tra i gruppi di lavoro che, nelle varie Sezioni, Osservatori e sedi dell'INGV o nelle altre istituzioni che collaborano alle attività di monitoraggio sismico, si occupano della gestione di reti sismiche a diversa scala.

Durante il *workshop*, oltre 40 sono stati gli interventi proposti. Costruttivo il dibattito durante le diverse tavole rotonde che hanno trattato tutti gli argomenti presentati, ovvero<sup>2</sup>:

- lo stato dell'arte delle reti sismiche (permanenti e temporanee);
- la strumentazione utilizzata: problematiche e soluzioni proposte;
- le sale di sorveglianza sismica e vulcanica;
- i sistemi di acquisizione;
- la gestione, l'archiviazione e lo scambio dati;
- il controllo di qualità del dato.

Numerose le persone che nelle due giornate hanno seguito il *workshop* sia nella sede di Roma (oltre 90) che in videoconferenza nelle sedi distaccate.

## **Bibliografia**

Augliera P., Massa M., D'Alema E., Marzorati S. (2011). RAIS: a real time strong-motion network in northern Italy, *Annals of Geophysics*, 54, 23-34.

<sup>1</sup> <http://rais.mi.ingv.it>

<sup>2</sup> [http://portale.ingv.it/portale\\_ingv/portale\\_ingv/servizi-e-risorse/archivio-congressi/convegni-2010/documenti-workshop-monitoraggio-sisimico/documenti-1](http://portale.ingv.it/portale_ingv/portale_ingv/servizi-e-risorse/archivio-congressi/convegni-2010/documenti-workshop-monitoraggio-sisimico/documenti-1)

## MONITORAGGIO SISMICO DEL TERRITORIO NAZIONALE

Alberto Delladio

*Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia, Centro Nazionale Terremoti*

### Introduzione

Il monitoraggio sismico del territorio nazionale, gestito in larga parte, ma non esclusivamente, dal CNT, costituisce uno dei principali compiti istituzionali dell'INGV. I costanti sviluppi tecnologici implementati negli ultimi anni hanno apportato un sensibile miglioramento sia qualitativo che quantitativo del monitoraggio, consentendo da un lato di ottenere informazioni sempre più dettagliate sullo sviluppo della sismicità, e dall'altro di ridurre drasticamente i tempi di elaborazione per la completa fruibilità dell'informazione, sia a scopi di Protezione Civile, sia a fini di ricerca scientifica. Ulteriori passi in avanti, tesi allo sviluppo di tematiche come *Early Warning*, produzione di *shakemap* in tempo quasi reale, utilizzo automatizzato di dati *strong motion*, sono in stato di avanzamento, ma in generale tutte le tematiche riguardanti la gestione più completa e tempestiva del dato sismologico rappresentano gli sviluppi previsti dall'evoluzione tecnologica delle reti di monitoraggio.

La RSN si compone attualmente di oltre 250 stazioni remote, che trasmettono dati in tempo reale mediante una serie di tecnologie diverse (*Figura 1*). Non soltanto le stazioni installate e gestite dal CNT concorrono alla produzione di segnali sismici: significativo è infatti il contributo di dati ricevuti da altre reti locali, regionali ed estere, quali la rete dell'OV dell'INGV-Sezione di Napoli [vedi Orazi et al., 2011a - in questo volume], la rete sismica Etna, la rete della Sicilia Orientale e delle Isole Eolie gestite dalla Sezione di Catania [vedi Di Prima et al., 2011 - in questo volume], la rete VBB *MedNet*<sup>1</sup>, la rete dell'Italia Nord Occidentale dell'Università di Genova [vedi Pasta et al., 2011 - in questo volume], la rete a larga banda dell'Italia Nord-Est [vedi Pesaresi e Bragato, 2011 - in questo volume], la rete del Mugello, la rete della Regione Marche [vedi D'Alema et al., 2011 - in questo volume], la rete della Alta Val Tiberina [AVT, vedi Cattaneo et al., 2011; D'Alema et al., 2011 - in questo volume], la Rete Svizzera dell'ETH Zurigo, la Rete Albanese, ed altre stazioni di Enti vari.

Va precisato che, in caso di emergenza sismica, i segnali prodotti dalle stazioni della rete permanente vengono integrati con i dati prodotti da stazioni portatili suddivise in reti di tre tipi diversi, composte rispettivamente da:

1. 9 stazioni sismiche con tecnologia *Nanometrics Libral* con connettività ponte radio Wi-Fi + satellite (Re.Mo.Tel) [Abruzzese et al., 2011 e in questo volume];
2. 3 stazioni sismiche (tecnologia GAIA2 a basso costo) con connettività ponte radio Wi-Fi + satellite [vedi Cardinale et al., 2010 e in questo volume];
3. 8 stazioni sismiche *stand-alone* con tecnologia REF TEK 130 e con possibilità di trasmissione dati in tempo reale mediante collegamenti UMTS (Re.Mo.) [Moretti et al., 2010; vedi Moretti e Govoni, 2011 - in questo volume].

Queste stazioni vengono poste in esercizio in tempi rapidi nell'area colpita, al fine di infittirne il monitoraggio, e di analizzare in dettaglio la sismicità locale.

### RSN e altre reti

La RSN può essere concettualmente suddivisa in più reti, che si distinguono tra loro per differenti tipologie di trasmissione dati: ponti radio satellitari, collegamenti *internet*, reti IP dedicate, ponti radio terrestri, linee telefoniche affittate. A tal proposito, è da segnalare che la storica rete analogica, che ha costituito la sola Rete Sismica Nazionale Centralizzata (RSNC) per circa venti anni, e che, a partire dalla fine degli anni '90 è stata affiancata dalla tecnologia di trasmissione dati digitale, per un numero di stazioni sempre maggiore, è stata infine completamente dismessa alla fine del 2010.

<sup>1</sup> <http://mednet.rm.ingv.it/>



# RETE SISMICA NAZIONALE

Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia

<http://cnt.ingv.it>



**Figura 1.** Mappa della RSN dell'INGV (aggiornata ad ottobre 2010; elaborazione LabGIS<sup>1</sup>).

<sup>1</sup> <http://www.gm.ingv.it/index.php/labgis>

Per la parte satellitare, la porzione di rete gestita dal CNT si compone a fine 2010 di 101 stazioni, telemetrate mediante 3 diversi satelliti e 3 differenti *provider*, con una distribuzione tale da coprire in modo sufficientemente omogeneo il territorio nazionale. A queste vanno aggiunte le 21 stazioni votate al monitoraggio dell'Etna e le 7 delle isole Eolie, che condividono scelte tecnologiche e vettori trasmissivi con la RSN. In particolare, tutte le nuove stazioni dell'area compresa tra la Calabria meridionale, la Sicilia e le isole Siciliane sono state realizzate secondo un progetto coordinato in sinergia tra i Laboratori di Sismologia di Roma, Grottaminarda [vedi D'Ambrosio et al., 2011a - in questo volume] e Gibilmanna del CNT e la Sezione di Catania [vedi Di Prima et al., 2011 - in questo volume], con piena condivisione di obiettivi e risorse.

Lo *standard* di riferimento di una stazione sismica remota, indipendentemente dal tipo di strumentazione utilizzata, è attualmente costituito da un acquisitore digitale ad alta dinamica (in generale, a 24 *bit* nominali), un sensore di velocità a tre componenti a banda estesa (EB), *Broad Band*, o *Very Broad Band*, un sensore di accelerazione (*Strong Motion*) a tre componenti, un sistema di acquisizione dati GPS geodetici, ed un sistema di trasmissione dati mediante canale satellitare o terrestre. Non esiste uno *standard* omogeneo su tutta la rete. Alla fine del 2010 oltre 160 stazioni centralizzate in tempo reale sono dotate di sensori a banda larga e circa 30 di sensori a banda allargata, cosa che pone ormai la percentuale del parco strumenti a corto periodo assolutamente minoritaria e permette lo sviluppo di tecniche di analisi dati sempre più sofisticate.

In *Figura 1*, la mappa della RSN. In *Allegato A* l'elenco e il quadro di dettaglio delle stazioni della RSN (situazione aggiornata a dicembre 2010).

### **Gestione e manutenzione delle stazioni sismiche**

La manutenzione delle stazioni della rete è gestita in collaborazione dal Laboratorio di Sismologia del CNT, dall'Osservatorio di Grottaminarda [vedi D'Ambrosio et al., 2011a - in questo volume], dall'Osservatorio di Gibilmanna, e da personale del CNT ubicato presso altre sedi (Milano-Pavia, Bologna, Ancona - vedi D'Alema et al., 2011 - in questo volume, L'Aquila - vedi De Luca, 2011 - in questo volume), e con altri Enti con cui sussiste

una convenzione di collaborazione (Università di Genova - vedi Pasta et al., 2011 - in questo volume, Università della Calabria - vedi Gervasi e Guerra, 2011 - in questo volume, Osservatorio di Prato, Osservatorio "A. Bina" di Perugia, CRS di Udine - vedi Pesaresi e Bragato, 2011 - in questo volume, ecc.). Le attività di manutenzione vanno dal regolare aggiornamento HW/SW della strumentazione, al monitoraggio del funzionamento delle stazioni remote, alla diagnostica e analisi di qualità dei segnali, e agli interventi (ordinari e straordinari) in sito di riparazione, gestione e manutenzione.

### **Rete Euro-Mediterranea (*MedNet*)**

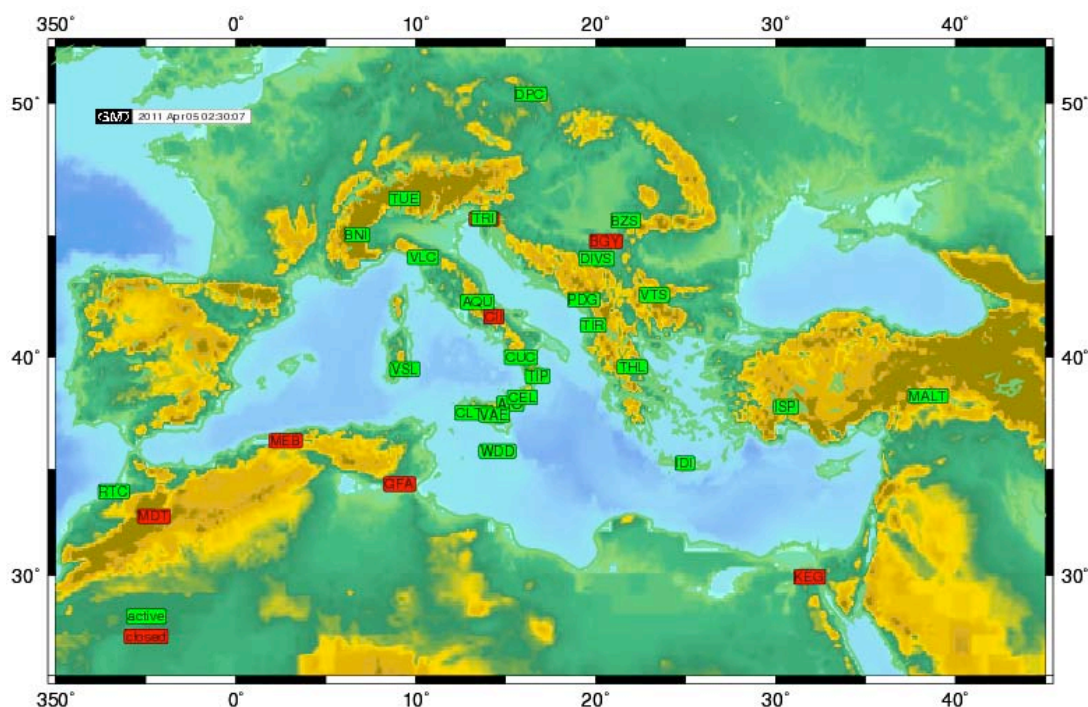
Un'importante integrazione al monitoraggio sismico proviene da stazioni operanti esternamente al territorio nazionale, sia gestite direttamente dall'Istituto tramite il progetto *MedNet*, che gestite da altri Enti, ma partecipanti ad un meccanismo di scambio dati ormai ben consolidato su chiave europea.

La rete *MedNet*, costituita da stazioni VBB, in dettaglio con sismometri *Streckeisen* STS-1 (360 sec) e STS-2 (120 sec), e sistemi di acquisizione a 24 *bit* di risoluzione effettivi (Quanterra), nata per scopi di ricerca pura, ha assunto sempre più negli ultimi anni funzioni di monitoraggio e di informazione su forti eventi a livello euro mediterraneo. Oggi la rete *MedNet* è una realtà affermata a livello europeo per la produzione di dati di elevata qualità sismologica.

In *Figura 2* è riportata la mappa delle stazioni *MedNet*.

### **Reti portatili**

Le reti portatili gestite dal CNT si suddividono fondamentalmente in reti di emergenza e reti per esperimenti [Moretti et al., 2010; vedi Moretti e Govoni, 2011 - in questo volume]. Le reti di emergenza sono di due tipi: la prima è una rete di stazioni sismiche *stand-alone*, con acquisizione dati locale; è una rete di 8 stazioni, sempre disponibili, che ha il vantaggio di essere di rapidissima installazione. Ogni stazione dispone di un sismometro e di un accelerometro, per la massima copertura di dinamica senza rischio di saturazione da forti segnali.



**Figura 2.** Mappa della rete sismica *MedNet*. In verde le stazioni funzionanti, in rosso quelle momentaneamente non attive.

Questa rete costituisce un'integrazione alle stazioni della RSN, per studi di sismicità di dettaglio dell'area colpita da un forte evento.

In aggiunta a queste due reti, è stata sviluppata una terza rete di tipo satellitare, orientata a costi particolarmente contenuti di strumentazione e di trasmissione dati [vedi Cardinale et. al. 2010 e in questo volume]. Attualmente la rete si compone di 3 stazioni complete, di cui una funge anche da centro di trasmissione dati via satellite, ed è stata utilizzata con successo in occasione della sequenza sismica che ha colpito l'area del reatino (Monte Reale e zone limitrofe) nel settembre del 2010.

Infine, il parco strumentale dispone di altre 44 stazioni remote *stand-alone*, normalmente utilizzate per esperimenti scientifici di campagna, eventualmente utilizzabili in caso di emergenza per la copertura di aree colpite.

**Strumentazione disponibile**

Si riportano infine in *Tabella 1*, alcuni numeri che indicano la dotazione del parco strumentale del CNT.

ACQUISITORI	
QUANTERRA Q680	5
QUANTERRA Q4120	8
QUANTERRA Q730	6
QUANTERRA Q330	3
<i>Nanometrics Taurus</i>	25
REF TEK 130	57

SISMOMETRI	
<i>Nanometrics - Trillium 40</i>	42
<i>Nanometrics - Trillium 120</i>	18
<i>Nanometrics - Trillium 240</i>	20
<i>Nanometrics - Trillium Compact 120</i>	18
<i>Lennartz LE-3D/5s</i>	57
<i>Lennartz LE-3Dlite 1s</i>	21
<i>Lennartz LE-3D Light MKII</i>	35
<i>Geotech S-13</i>	70
<i>Guralp CMG 40</i>	10
<i>Streckeisen STS-1</i>	3
<i>Streckeisen STS-2</i>	10

**Tabella 1.** Strumentazione della RSN (*continua*).

<b>ACCELEROMETRI</b>	
<i>Kinematics - Episensor ES-T</i>	120
<i>Guralp CMG 5</i>	10
<b>DIGITALIZZATORI</b>	
INGV - GAIA	150
<i>Nanometrics - Trident</i>	160
<b>STORAGE</b>	
<i>Server</i>	15
<b>SISTEMI DI TRASMISSIONE</b>	
<i>Nanometrics - Carina</i>	35
<i>Nanometrics - Cygnus</i>	105

**Tabella 1.** Strumentazione della RSN.

### Monitoraggio accelerometrico del territorio nazionale

Dal 2006, la politica del CNT è quella di disporre di stazioni di rilevamento geofisico di tipo multisensore. In gran parte delle stazioni della rete sono stati installati diversi sensori per acquisire efficacemente tutto lo spettro delle frequenze emesse dalle sorgenti sismiche, e ricoprire completamente la dinamica dei segnali sismici. In questa ottica di ottimizzazione dei segnali sono stati installati in molti dei nuovi siti, ma anche in alcuni di quelli già esistenti, un sensore velocimetrico triassiale a larga banda, un GPS geodetico e un sensore triassiale accelerometrico. I segnali dei primi due sensori sono trasmessi in forma continua in tempo reale, mentre i segnali accelerometrici vengono trasmessi ed acquisiti in forma continua nei casi ove la banda disponibile del canale di trasmissione dati è sufficiente, e con modalità “*on demand*”, a seguito di richiesta automatica, negli altri casi. Tale richiesta viene effettuata per ogni evento sismico di rilievo. Lo sviluppo della rete ha portato ad avere oggi sul territorio più di 100 accelerometri, con una copertura maggiore nel sud della penisola e nella Sicilia orientale. In *Figura 3* viene rappresentata la situazione aggiornata della rete di accelerometri.

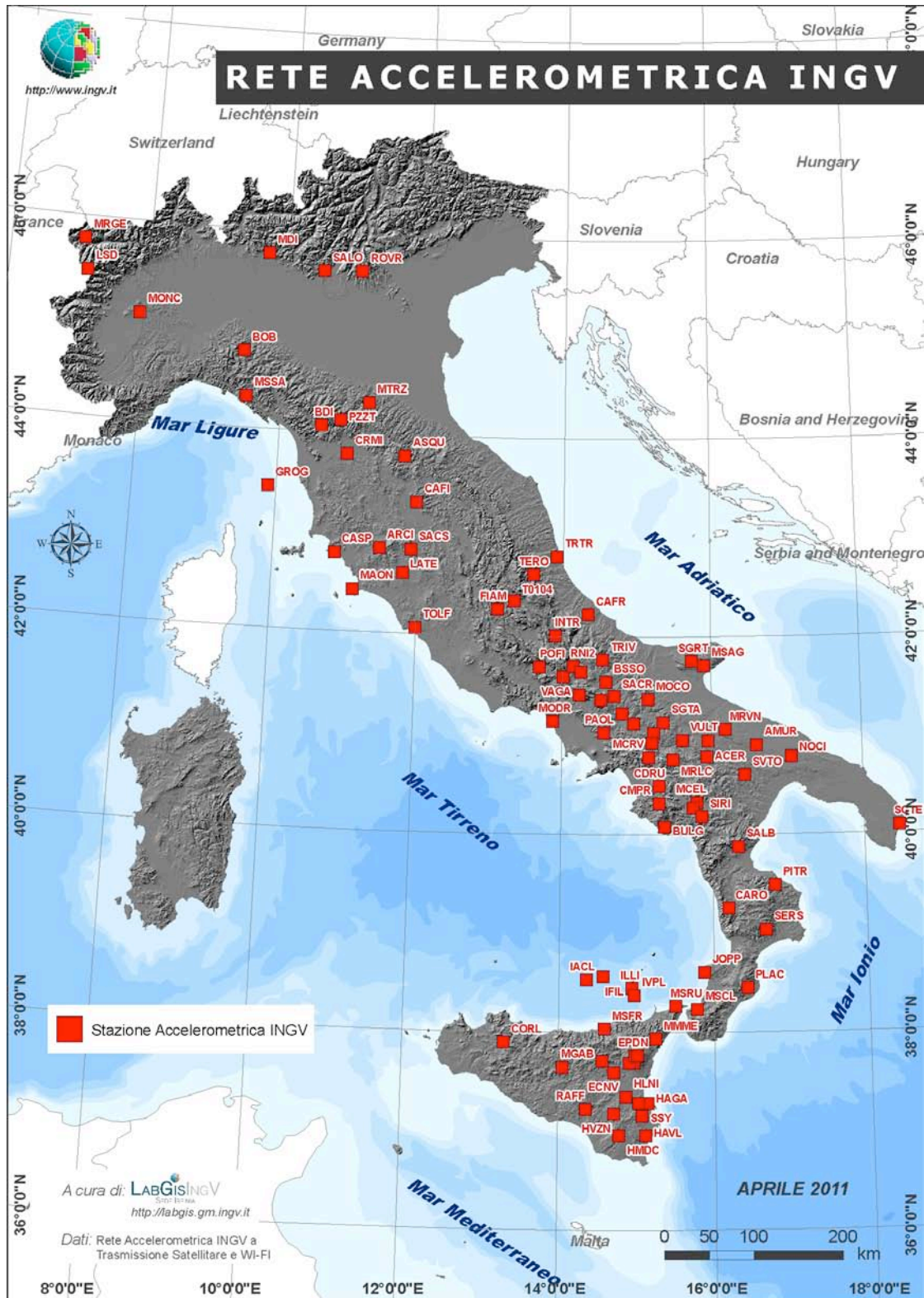
**Ringraziamenti.** Il presente articolo è la sintesi del lavoro di moltissime persone, grazie alle quali la RSN è attualmente operativa. Non essendo

possibile citare tutte le persone che prestano il loro prezioso ed entusiastico contributo al funzionamento della rete, si rivolgono i più sinceri ringraziamenti ai seguenti gruppi di lavoro:

- Laboratorio di Sismologia, CNT, INGV, Roma;
  - Analisi Dati per la Sismologia, CNT, INGV, Roma;
  - Osservatorio di Grottaminarda, CNT, INGV, Grottaminarda (AV);
  - Osservatorio di Gibilmanna, CNT, INGV, Cefalù (PA);
  - Segreteria CNT, INGV, Roma;
  - Centro di Monitoraggio della Sezione di Napoli – Osservatorio Vesuviano, INGV - Napoli;
  - U.F. Sismologia, Sezione di Catania – Osservatorio Etneo, INGV, Catania;
  - Personale della R.A.I.S. - Sezione di Milano-Pavia Sismologia Applicata all’Ingegneria, INGV, Milano;
  - U.F. Sismologia e Geodinamica, Sezione di Bologna, INGV, Bologna;
  - Amministrazione Centrale, INGV, Roma;
  - Istituto Geofisico Toscano, Prato Ricerche, Prato;
  - Centro Ricerche Sismologiche, OGS, Udine;
  - Dip.Te.Ris., Università di Genova, Genova;
  - Osservatorio Sismico “A. Bina”, Perugia;
  - Università della Calabria, Cosenza;
  - Istituto Geofisico Prealpino, Varese;
- e a chiunque, non menzionato, collabora alla gestione della RSN.

### Bibliografia

- Abruzzese et al. (2011). La Rete sismica Mobile in telemetrata satellitare (Re.Mo.Tel.). Rapporti Tecnici INGV N°177.
- Cardinale V., Castagnozzi A., D’Ambrosio C., Falco L., Memmolo A., Minichiello F. (2010). Wi-Fi Mesh Network: integrazione dell’infrastruttura telematica della rete sismica e geodetica nazionale. Rapporti Tecnici INGV N°141.
- Moretti M, Govoni A., Colasanti G., Silvestri M., Giandomenico E., Silvestri S., Criscuoli F., Giovani L., Basili A., Chiarabba C. e Delladio A. (2010b). La Rete Sismica Mobile del Centro Nazionale Terremoti. Rapporti Tecnici INGV N°137.



**Figura 3.** In mappa la rete accelerometrica INGV (aggiornata ad aprile 2011). Vengono mostrate le stazioni in trasmissione Wi-Fi e satellitare *Nanometrics* e *Satlink* (a cura del LabGis<sup>1</sup>).

<sup>1</sup> <http://www.gm.ingv.it/index.php/labgis>



## LA RSN GESTITA DALL'OSSERVATORIO DI GROTTAMINARDA

Ciriaco D'Ambrosio

*Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia, Centro Nazionale Terremoti*

### Introduzione

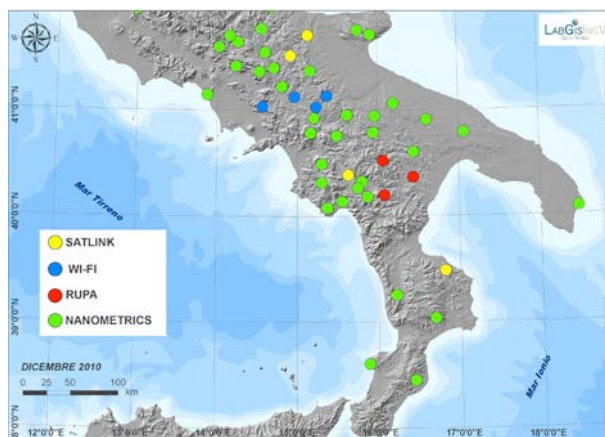
Le principali attività che l'Osservatorio di Grottaminarda (CNT, sede Irpinia) svolge a supporto della RSN [vedi Delladio, 2011 - in questo volume] possono riassumersi nei seguenti punti:

- manutenzione dei siti in seguito a guasti;
- manutenzione programmata periodica, mirata alla realizzazione di lavori di sistemazione e ripristino delle strutture, comprendente la intonacatura dei pozzetti, il ripristino delle recinzioni, la realizzazione di drenaggi ai vani sensore e la manutenzione degli impianti di alimentazione;
- controllo del corretto funzionamento dei sistemi di acquisizione;
- *test* di funzionamento della strumentazione disinstallata sulle stazioni remote;
- progettazione dei nuovi siti e implementazioni tecnologiche.

### Stazioni della RSN attualmente in gestione

L'Osservatorio di Grottaminarda attualmente gestisce 49 stazioni della RSN così ripartite (*Figura 1*):

- 37 in trasmissione *Nanometrics*;
- 5 in trasmissione *ASTRA2Connect* [vedi Vallocchia, 2011 - in questo volume];
- 4 in Wi-Fi;
- 3 tipo Rupa;
- 7 stazioni semi-permanenti delle quali 4 della Re.Mo.Tel. installate a L'Aquila [Abruzzese et al., 2011 e in questo volume] e 3 installate a Montereale (Rete Mobile Wi-Fi *ASTRA2Connect* [Cardinale, 2010 e in questo volume];
- i due *Hub* di acquisizione *Nanometrics*, *IntelSat* ed *Hellas Sat*, per un totale di 16 Carina di cui circa un 50% *master* ed il resto *backup* di Roma e Catania;
- 6 *Naqs Server* di cui 3 *master* e 3 *backup*;
- 2 *SeedLink Server* (1 *master* ed 1 *backup*).



**Figura 1.** Distribuzione territoriale delle stazioni gestite dall'Osservatorio di Grottaminarda.

### Soluzioni progettuali utilizzate per la realizzazione dei nuovi siti

Per la realizzazione degli ultimi siti della RSN è stato rivisto il classico progetto utilizzato per i siti *Nanometrics*. Si è cercato di ottimizzare le varie componenti puntando principalmente a rendere più agevoli gli interventi di installazione e di manutenzione. Si è cercato di ridurre le opere da realizzare, con conseguente riduzione dei costi e dell'impatto visivo. Ad esempio per il sito di Paolisi (PAOL) è stato utilizzato il solo vano sensore, dalle dimensioni 150x150x180 cm, per ospitare tutta la strumentazione (*Figura 2*) e come opere fuori terra abbiamo solo la recinzione e la struttura di sostegno dei moduli fotovoltaici (*Figura 3*).

### Sistemi di trasmissione dati Wi-Fi (5GHz)

Lo scopo di questa sperimentazione è stato quello di realizzare un'infrastruttura telematica di acquisizione dati sismici e GPS perfettamente integrata nei vari sistemi di trasmissione dati utilizzati presso l'INGV.



**Figura 2.** Vista interna del vano sensore/strumentazione del sito di Paolisi (PAOL).



**Figura 3.** Vista esterna del sito di Paolisi (PAOL).

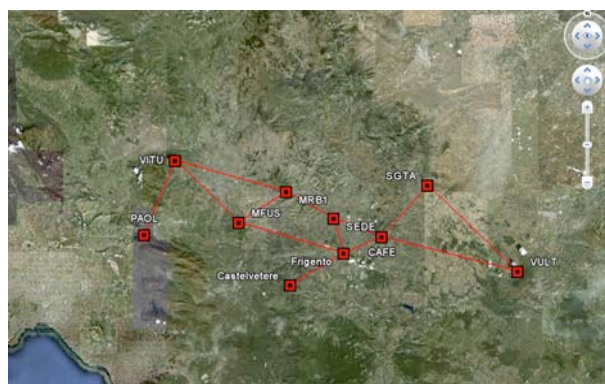


**Figura 4.** Stazioni attualmente connesse.

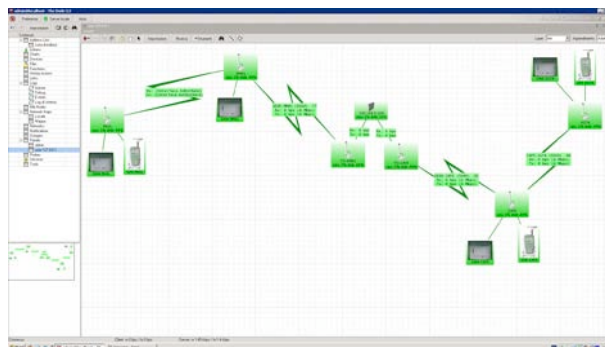
L'infrastruttura è stata pensata per essere affidabile, robusta e garantire una banda minima sufficiente anche per applicazioni future ad alto *throughput* come un elevato campionamento accelerometrico o GPS geodetico.

Attualmente la rete copre un raggio di circa 50Km intorno alla sede Irpinia (*Figura 4*) ed è in continua espansione (*Figura 5*).

Prerogativa ambiziosa di questo progetto è stata la volontà del gruppo di lavoro di farsi carico della progettazione, della realizzazione e della gestione della rete in modo da avere il pieno controllo dell'infrastruttura telematica realizzata (*Figura 6*). Nessuna componente è stata affidata a personale o società esterne.



**Figura 5.** Sviluppo previsto a breve.



**Figura 6.** Interfaccia centralizzata di controllo delle stazioni.

## Bibliografia

Abruzzese et al. (2011). La Rete sismica Mobile in telemetrata satellitare (Re.Mo.Tel.). Rapporti Tecnici INGV N°177.

Cardinale V., Castagnozzi A., D'Ambrosio C., Falco L., Memmolo A., Minichiello F. (2010). Wi-Fi Mesh Network: integrazione dell'infrastruttura telematica della rete sismica e geodetica nazionale. Rapporti Tecnici INGV N°141.

## RETE SISMOMETRICA MARCHIGIANA E SUA INTEGRAZIONE CON LA RSN E RETE AVT

Ezio D'Alema<sup>1</sup>, Marco Cattaneo<sup>1</sup>, Massimo Frapiccini<sup>1</sup>, Simone Marzorati<sup>1</sup>,  
Giancarlo Monachesi<sup>1</sup> e Maurizio Ferretti<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia, Centro Nazionale Terremoti

<sup>2</sup>Centro Funzionale di coordinamento per la Meteorologia l'Idrologia e la Sismologia,  
Servizio Protezione Civile Regione Marche

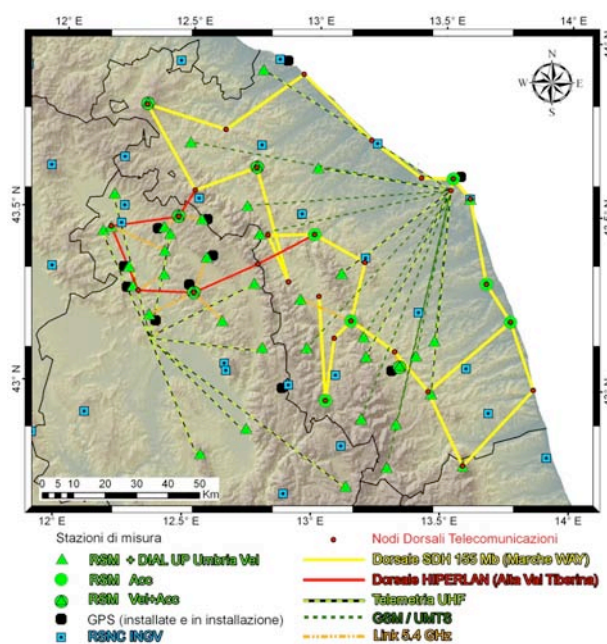
### Introduzione

Attualmente presso la sede di Ancona del CNT sono acquisiti i dati relativi a 58 stazioni in *realtime* ed a 13 stazioni *dial-up*. In particolare la sede di Ancona ha la funzione di *server* nei confronti della sala sismica nazionale per 28 stazioni in *realtime* e *client* per le rimanenti 30. Le stazioni *dial-up* hanno una connessione con radio *modem* (8) o con *modem* GSM (5). Gli acquisitori gestiti sono: GAIA1 e GAIA2, *Trident/Cygnus*, HDR24 e *Lennartz Mars88/MC/RC*. I sensori sono: *Trillium 40-120-240s*; *Lennartz LE3D-5s/1s/lite/BH*, *Mark L4-3D*, *Episensor ES-T*. Il sistema di acquisizione dati è basato su *Seiscomp3*<sup>1</sup>, mentre la detezione degli eventi avviene tramite *Earthworm*<sup>2</sup>.

### Il sistema di acquisizione dati

In *Figura 1* è rappresentato il complesso sistema di comunicazione tra le stazioni remote ed il centro di acquisizione dati INGV di Ancona. Nella Regione Marche è da tempo operativa una dorsale Wi-Fi-SHD 155Mbps (*Marche-Way*) dedicata ai servizi di Protezione Civile regionali (linea gialla in figura), all'interno della quale l'INGV ha garantita una banda di 2Mbps dedicati alla trasmissione dei dati sismici acquisiti [Monachesi et al., 2010]. Le stazioni remote, attraverso un radio-link inviano i dati ai nodi della dorsale Wi-Fi, i quali vengono indirizzati automaticamente presso il centro di acquisizione dati INGV di Ancona, mentre in alcuni casi sono direttamente installate all'interno dei nodi della dorsale, con un collegamento via cavo *ethernet*. Come si può vedere dalla *Figura 1*, la dorsale ha una geometria ad anello, poiché, in caso di guasti di uno o più nodi, i dati sismici possono essere indirizzati lungo percorsi diversi, risolvendo il possibile guasto senza interruzione del segnale. Il sistema di re-indirizzamento dei

pacchetti, così come la gestione e manutenzione diretta della dorsale, avviene ad opera dell'ArsComm di Ancona<sup>3</sup>.



**Figura 1.** Il sistema di trasmissione dati alla sede di Ancona dell'INGV.

All'interno del progetto FIRB-AIRPLANE di monitoraggio sismico della Alta Val Tiberina (AVT) [Amato et al., 2000] è stata progettata e creata una estensione della dorsale in modo tale da permettere il collegamento in tempo reale delle stazioni nella parte settentrionale dell'Umbria (linea rossa in *Figura 1*). Tutti i dati ricevuti alla sede di Ancona vengono reindirizzati alla sede centrale INGV attraverso un collegamento HDSL dedicato.

Grazie alla lunga esperienza e sinergia con la ditta ArsComm, è stato possibile progettare e realizzare un nuovo sistema di telecontrollo di alcuni

<sup>1</sup> <http://www.seiscomp3.org>

<sup>2</sup> <http://folkworm.ceri.memphis.edu/ew-dist>

<sup>3</sup> <http://www.arscomm.it>

parametri funzionali dei nodi della dorsale e delle stazioni sismiche. Nella parte superiore della *Figura 2* è osservabile il sistema di *electronics-Health-Remote-Control* (e\_HRC) installato all'interno di una scatola stagna. Tale sistema permette di eseguire un controllo automatico del flusso dei dati sulla porta seriale della stazione sismica utilizzata come uscita di *monitor* di procedure di controllo della connettività e dei processi di acquisizione.



**Figura 2.** Il sistema e\_HRC in alto e la stazione GAIA2 in basso.

Nel caso si verificassero valori non conformi al funzionamento *standard*, sia per mancanza di connettività sia per mal funzionamento degli applicativi di acquisizione, il sistema è in grado di disarmare l'alimentazione e riarmare dopo pochi secondi la corrente elettrica. Questa procedura viene eseguita per tre volte successive, e se il flusso dati non ritorna ai valori predefiniti, il sistema aspetterà 24 ore per rieseguire la procedura di *reset*. Se anche dopo 24 ore il sistema non riesce a far tornare operativa la stazione, sarà necessario l'intervento degli operatori sul campo.

In *Figura 3* è possibile vedere oltre al sistema e\_HRC, in alto a sinistra, anche il sistema UC34 [ARSCOMM, 2009], in alto a destra. Tale sistema consente un monitoraggio remoto di alcune funzioni, come l'alimentazione, la temperatura, la carica delle

batterie e il relativo amperaggio, con la possibilità di poter eseguire un *reboot* fisico del sistema.



**Figura 3.** Il sistema UC34, in alto a destra.

Tutto il sistema di gestione remoto del flusso dati non sismico viene visualizzato all'INGV di Ancona attraverso un *computer* dedicato (*Figura 4*).

Nei siti in cui non è stato possibile estendere il collegamento Wi-Fi della dorsale, è stato scelto di utilizzare un collegamento UMTS/GPRS, per mezzo di *router* UR5<sup>4</sup> [Falco, 2008]. Le stazioni *dial-up* che costituiscono la rete di vecchia generazione hanno un collegamento radio UHF oppure un collegamento via *modem* GSM e sono basate sul sistema *Lennartz Mars88*<sup>5</sup>.

Tutti i dati delle stazioni in tempo reale, *client* e *server*, sono acquisiti tramite il programma *Seiscomp3*, con il quale viene anche monitorato lo *status* di funzionamento di ciascuna stazione. L'archivio delle forme d'onda in continuo così creato viene processato automaticamente dal programma *Earthworm* il quale esegue la *detection* degli eventi sismici i quali vengono successivamente analizzati ed interpretati manualmente dagli operatori.

### Sviluppi futuri

Grazie alla completa sinergia tra INGV e Regione Marche è stata progettata, ed è attualmente in fase avanzata di realizzazione, una rete accelerometrica

<sup>4</sup> <http://www.conel.cz/en>

<sup>5</sup> [www.lennartz-electronic.de](http://www.lennartz-electronic.de)

densa ed a basso costo a carattere sovra-comunale nell'area della comunità montana di S. Severino Marche (MC), per scenari di danno e *shakemap*<sup>6</sup>.



**Figura 4.** Visualizzazione del sistema di gestione remota dei dati non sismici presso la sede di Ancona.

Tale rete composta inizialmente da 9 stazioni GAIA2 con sensori *Colibrys-MEMS*<sup>7</sup> collegati in tempo reale, andrà ad integrare le stazioni già attualmente installate sul territorio Umbria-Marche, e permetterà la creazione di pagine *web* non pubbliche con le mappe di scuotimento disponibili esclusivamente ad utenti abilitati. In caso di esito positivo di questo progetto pilota, la Regione Marche sembra essere interessata all'estensione del progetto anche agli altri comuni raggiunti da un collegamento Marche-Way, cioè praticamente tutti i comuni della Regione.

## Bibliografia

- Amato A., et al. (2000). Terremoti probabili in Italia tra l'anno 2000 e il 2030: elementi per la definizione di priorità e gli interventi di riduzione del rischio sismico. Attività Scientifica GNDT. Project funded by Department of the Civil Protection.
- ARSCOMM (2009). UC34a, test report di compatibilità elettromagnetica effettuato da ELCOLAB secondo gli standard IMQ. Rapporto tecnico TR0001100EMC01\_00.
- Falco L. (2008). Implementazione e gestione di una rete di monitoraggio GPS e sismica mediante tecnologie GPRS / EDGE / UMTS / HSDPA. Rapporti Tecnici INGV N°69.
- Monachesi G. e Cattaneo M. (2010). La dorsale radio Wi-Fi per il monitoraggio multiparametrico in Alta Val Tiberina. Rapporti Tecnici INGV N°129.

<sup>6</sup> <http://earthquake.usgs.gov/earthquakes/shakemap>

<sup>7</sup> <http://www.colibrys.com>

## LA RETE SISMICA REGIONALE ABRUZZO E SUA INTEGRAZIONE CON LA RSN

Gaetano De Luca

*Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia, Centro Nazionale Terremoti*

### Un po' di storia

La rete di monitoraggio sismico digitale a scala regionale (in Abruzzo), in particolare nell'Appennino Abruzzese e Laziale, nasce alla fine del 1991 con le prime 7 stazioni fino ad arrivare a 18, tra il 1997 e 1998, su iniziativa dell'ex Servizio Sismico Nazionale dell'ex Dipartimento per i Servizi Tecnici Nazionali della Presidenza del Consiglio attraverso una convenzione pluriennale con il Dipartimento di Fisica dell'Università degli Studi de L'Aquila.

Ogni sito era equipaggiato con una *Mars88-Floppy Disk (FD)*, 3 componenti, 21 bit di dinamica, 125 Hz di campionamento, in modalità *trigger*, temporizzazione con GPS o DCF e sensori ad 1 Hz di frequenza naturale, *Mark L4C-3D (Figura 1)*.



**Figura 1.** 4 stazioni sismiche *Lennartz Mars88-FD* equipaggiate con sensori *Mark L4C-3D* (1 Hz).

L'acquisizione dei dati era in locale attraverso una memoria interna da 4 MB e 2 FD da 1.4 MB ciascuno [De Luca et al., 1998]. Le letture delle fasi P ed S sono confluite nel Catalogo Sismico Italiano (CSI) dell'INGV [Chiarabba et al., 2005]. La rete sismica regionale fu smantellata agli inizi del 2003 dal Dipartimento di Protezione Civile dove confluì l'ex Servizio Sismico Nazionale

insieme a tutta la strumentazione che comprendeva un totale di 40 *Mars88-FD* complete.

### Storia recente

Nel 2004 le stazioni sismiche furono date in comodato d'uso all'INGV, in particolare al CNT, e utilizzate per le nuove reti sismiche regionali in Umbria (N°10 in convenzione con l'Osservatorio "A. Bina" di Perugia), nelle Marche (N°8 in convenzione con la Regione), in Abruzzo (Rete Sismica regionale Abruzzese, RSA - N°18) e in Toscana (N°4 presso l'Osservatorio di Prato). Le stazioni furono convertite in *Mars88-Modem Control (MC)* con un sistema di acquisizione dati che comprendeva l'uso di *modem GSM (Figura 2)*.



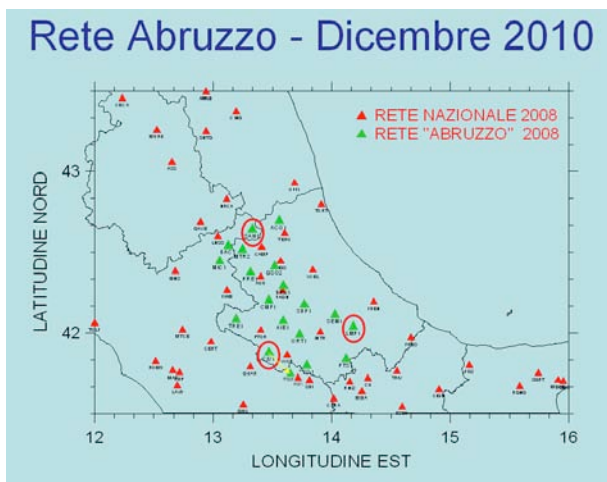
**Figura 2.** Sistema di acquisizione della RSA basato su 6 seriali collegate a *modem GSM*.

Nel dicembre 2005 furono installate le prime due stazioni, le ultime due nell'aprile 2007, circa una stazione al mese; il territorio coperto è gran parte Abruzzo e le province di Rieti e Frosinone (*Figura 3*). Attualmente la RSA è al 100% di efficienza (*Figura 4 e 5*).

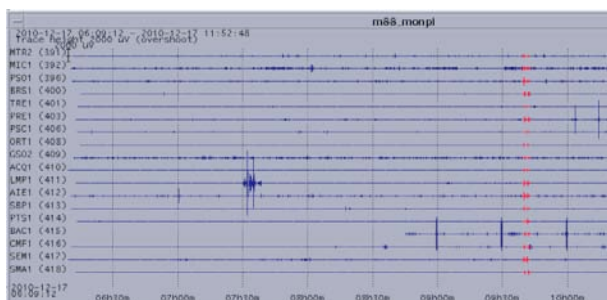
In *Figura 6*, il numero di *trigger* dal 2005 al 2010 [De Luca et al., 2009].

## Futuro

I costi per l'utilizzo del canale dati GSM possono essere abbattuti utilizzando una connessione Wi-Fi permettendo anche di sperimentare un'acquisizione in continua. Si sta collaudando tale sistema, con ottimi risultati, sulla rete umbra affiancando all'acquisizione l'utilizzo di *SeisComP*.



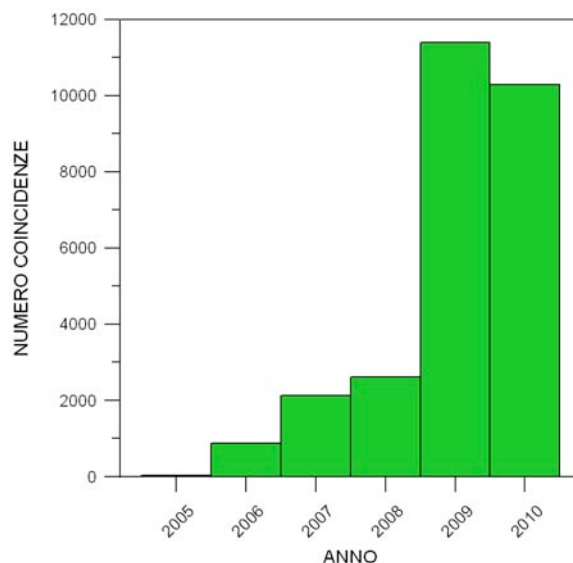
**Figura 3.** Localizzazione delle stazioni sismiche della RSN [vedi Delladio, 2011 - in questo volume] e RSA. Nel corso del 2009 SMA1 e LMP1 (con il cerchio rosso) sono stati affiancati con stazioni della RSN mentre il sito CIV1 (cerchio rosso in basso a sinistra) è stato spostato nel frusinate (Pescosolido - PSO1).



**Figura 4.** Monitor delle 18 componenti verticali (durata: 4.5h del 17 dicembre 2010). In rosso il sistema automatico ha *triggerato* un evento fuori rete,  $M_L$  4.9 nel Mar Egeo (Grecia).

MARS-88 Network Server										Fri Dec 17 13:14:00 2010				
ID	T	S	MM	CM	MT0	CT0	P	RTTV	SRTT	PACKETS	QU	OS	XRSEND	XDROPS
0391	M	I	6	2	106	106	3	1010	4095	1.99e+06	0	0	10.43%	0.00%
0392	M	I	6	2	453	453	3	949	3410	1.95e+06	0	0	3.30%	0.00%
0396	M	I	6	2	453	453	3	785	3340	2.02e+06	0	0	3.27%	0.00%
0400	M	I	6	2	1146	1146	3	849	3926	1.87e+06	0	0	3.42%	0.00%
0401	M	I	6	2	1146	1146	3	1108	3625	2.06e+06	0	0	3.53%	0.00%
0403	M	I	6	2	1146	1146	3	905	3298	2.22e+06	0	0	3.02%	0.00%
0406	M	I	6	2	1146	1146	3	976	3950	2.23e+06	0	0	3.44%	0.00%
0408	M	I	6	2	1146	1146	3	977	3932	2.33e+06	0	0	3.33%	0.00%
0409	M	I	6	2	1146	1146	3	1000	3703	2.21e+06	0	0	3.41%	0.00%
0410	M	I	6	2	1146	1146	3	1288	3637	2.16e+06	0	0	3.36%	0.00%
0411	M	I	6	2	1146	1146	3	853	3408	2.15e+06	0	0	3.34%	0.00%
0412	M	I	6	2	1493	1493	3	1000	3381	2.09e+06	0	0	2.98%	0.00%
0413	M	I	6	2	1146	1146	3	1388	3520	2.21e+06	0	0	3.42%	0.00%
0414	M	I	6	2	1493	1493	3	1024	3373	2.03e+06	0	0	3.31%	0.00%
0415	M	I	6	2	1146	1146	3	1066	3870	2.19e+06	0	0	3.16%	0.00%
0416	M	I	6	2	1146	1146	3	317	3038	2.22e+06	0	0	3.40%	0.00%
0417	M	I	6	2	1146	1146	3	1400	3500	1.91e+06	0	0	4.01%	0.00%
0418	M	I	6	2	1493	1493	3	1131	3151	2.16e+06	0	0	3.25%	0.00%

**Figura 5.** Statistiche sulle connessioni effettuate dal 2006 al 2010.



**Figura 6.** Numero di coincidenze per anno, compresi i falsi *trigger*. Da notare che durante la sequenza dell'evento del 6 aprile 2009 in un *trigger* potevano esserci decine di eventi.

## Bibliografia

- Chiarabba C., Jovane L., Di Stefano R. (2005). A new view of Italian seismicity using 20 years of instrumental recordings. *Tectonophysics* 395/3-4, pp 251-268.
- De Luca G., Cattaneo M., Monachesi G., Amato A. (2009). Seismicity in Central and Northern Apennines integrating the Italian national and regional networks. *Tectonophysics* 476, 1-2, 121-135.
- De Luca G., Del Pezzo E., Di Luccio F., Margheriti L., Milana G., Scarpa R. (1998). Site response study in Abruzzo (Central Italy): underground array versus surface stations. *Journal of Seismology* 2, 223-236.

## LA RETE SISMICA PERMANENTE DELLA SICILIA ORIENTALE DELLA SEZIONE DI CATANIA

Sergio Di Prima, Pasqualino Cappuccio, Danilo Contrafatto, Graziano Larocca, Marco Manni,  
Salvatore Rapisarda, Marco Sassano, Luciano Scuderi

*Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia, Sezione di Catania – Osservatorio Etneo*

Il settore tecnico del Laboratorio di Sismologia è impegnato nella gestione e nello sviluppo delle reti sismiche in carico alla Sezione di Catania – Osservatorio Etneo (OE) che coprono le seguenti aree: i) Etna, ii) Isole Eolie, iii) Arco Calabro-Peloritano, iv) area Iblea, v) Sicilia centro occidentale. Per ogni area è impiegata strumentazione prevalentemente digitale di nuova generazione in trasmissione satellitare, ma alcune installazioni sfruttano ancora strumentazione analogica ereditata dagli enti confluiti nell'INGV. Alla data di fine 2010 sono complessivamente operanti nelle varie aree 59 stazioni digitali 3-C *Broad Band* e 20 analogiche corto periodo, di cui 7 a 3-C. Completano la rete sismica 12 stazioni accelerometriche, 10 stazioni mobili [vedi Zuccarello et al., 2011 - in questo volume], un *array* sismico permanente sul Gran Cratere dell'isola di Vulcano, 1 stazione *Very Broad Band* (Grottacalda) e 11 stazioni infrasoniche poste nell'area sommitale del vulcano Etna. Il dettaglio sulle diverse tipologie di sensori utilizzati è riportato in *Tabella 1*.

Sensore	Grandezza	Sensitivity	Bandwidth	Sample Freq. (sp/s)
Trillium	Velocità	1500 V/m/s	0,025 - 50 Hz	100
LE 3D 20s	Velocità	1000 V/m/s	0,05 - 40 Hz	100
LE 3D 1 s	Velocità	400 V/m/s	1 - 80 Hz	100
Episensor	Accelerazione	40 V/g (0,5g)	DC-200Hz	200
Infrasonico	Pressione sonora	80 mV/Pa	1-20Hz	100/50

**Tabella 1.** Tipologia sensori utilizzati.

### La Rete Sismica Permanente

La Rete Sismica Permanente (RSP) dell'OE copre principalmente il settore centro-orientale della Sicilia. Pur essendo configurata tecnicamente come un unico dispositivo di monitoraggio e sorveglianza sismica, è possibile differenziare delle

sotto-reti locali che, da oltre un decennio, coprono le aree delle isole Eolie, l'arco calabro-peloritano a cavallo dello Stretto di Messina, l'area etnea, e il settore dell'avampese ibleo. Recentemente, con la progressiva attuazione dell'Accordo di Programma Quadro (APQ) - Sicilia, progetto finalizzato allo sviluppo e potenziamento del sistema di monitoraggio sismico e vulcanico della Sicilia e delle isole minori, la rete è in corso di estensione verso la Sicilia centrale meridionale e occidentale. Il compito della rete è duplice: da una parte consentire il monitoraggio e la sorveglianza sismologica delle aree sismo-vulcaniche regionali a fini di protezione civile; dall'altra acquisire dati per studi scientifici.

### Potenziamento e sviluppo tecnologico

Nel 2010 lo sviluppo e il potenziamento della RSP è stato prevalentemente basato sul proseguimento dell'attuazione dell'APQ - Sicilia, che a fine progetto prevede l'installazione di 65 stazioni in Sicilia e nelle isole minori. In particolare, per quanto riguarda quest'ultime, è stata installata nell'isola di Pantelleria (località Cuddia Mida), una stazione digitale 3-C BB, per il monitoraggio di un'area tuttora poco studiata sebbene caratterizzata da attività fumarolica e, più in generale, dal vulcanismo sottomarino del Canale di Sicilia. Nella stessa isola sono state effettuate ricerche di siti per ulteriori stazioni, che permetteranno lo studio di sorgenti sismiche locali di bassa energia che inevitabilmente sfuggono alle reti a maglia larga. Per le Eolie, sono state ultimate le infrastrutture che alloggeranno due nuove stazioni sull'isola di Stromboli, in località S. Vincenzo e nell'area craterica (Pizzo), ed è stato infine completato l'iter autorizzativo per l'infrastruttura delle stazioni di Salina (M. Fossa delle Felci) e Panarea. In tal modo tutte le 7 isole eoliane sono coperte dalla rete sismica, con una riduzione significativa del *gap* azimutale di scopertura. L'espansione in Sicilia centro-occidentale della rete procede con le tre nuove stazioni di Favara in provincia di Agrigento (FAVR, *Figura 1*), Agira in



provincia di Enna (CAGR) e San Fratello in provincia di Messina (MSFR), che consentono un miglior vincolo della sismicità ubicata marginalmente all'area orientale dell'isola. Il processo di *upgrade* tecnologico prosegue con la conversione da analogico corto periodo in digitale larga banda, di tre stazioni della sotto-rete calabro-peloritana quali Ali Terme (MALI), Castoreale (MCSR) e Scilla (MSCL). Sono state, inoltre, condotte prove di *noise* e scelti i siti che ospiteranno 8 nuove stazioni permanenti.



**Figura 1.** Installazione della stazione di Favara (FAVR) in provincia di Agrigento.



**Figura 2.** I due *Hub* satellitari del CUAD di Catania.

È stato installato un nuovo *Hub* presso la sede CUAD comprendente un'antenna parabolica da 3,8 m, posta in posizione prossima a quella già esistente (Figura 2). L'antenna punta verso il satellite *HELLAS-SAT 2*, con un angolo di *azimuth* di  $141,7^\circ$  e un angolo di

elevazione di  $39,8^\circ$ . Nell'occasione è stato realizzato un basamento in CLS armato di rete elettrosaldata, di dimensione complessiva di circa 6 m x 4 m, recintato con rete metallica.

### La rete accelerometrica

La rete accelerometrica (RA) consta di 12 stazioni, installate negli stessi siti che ospitano i sensori velocimetrici *broad-band*, così distribuite: 4 in area etnea, 3 per ciascuna delle aree iblea, eoliana, 2 in quella calabro-peloritana (Figura 3). I sensori accelerometrici, del tipo triassiale *Episensor FBA ES-T (Force Balance Accelerometer, Kinematics)*, sono impostati a una sensibilità di 40V/g (equivalente a 0,5g di fondo scala), con una banda passante compresa tra la DC e 200 Hz e campionamento a 200 sps. La RA sfrutta completamente i vettori trasmissivi della RSP condividendone di fatto tutte le risorse.

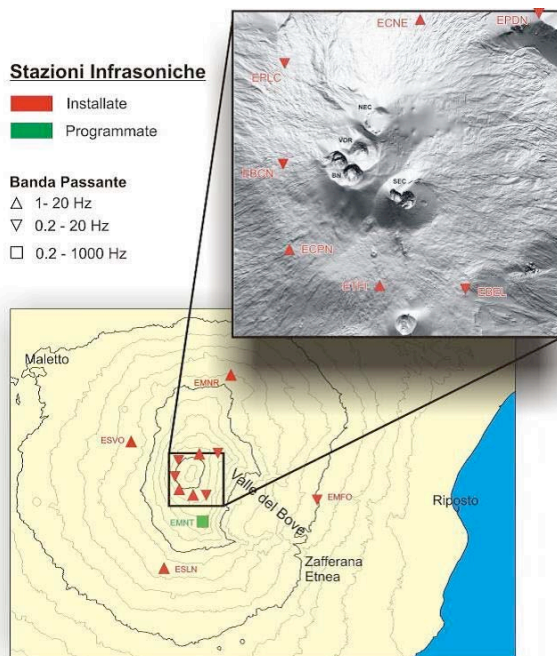
Nel corso del 2010 sono stati registrati diversi eventi, il maggiore dei quali è quello eoliano del 16 agosto 2010 ( $M_L$  4.8), localizzato ad ovest di Vulcano. I segnali registrati a Lipari hanno rilevato un'accelerazione massima orizzontale di ca. 0.15g, valore moderatamente al di sopra dei valori attesi per gli eventi extra-Etnei, ma che rientra comunque nell'intervallo di confidenza delle relazioni empiriche definite per la Sicilia Orientale. Tutti i dati registrati nel passato da tale rete sono stati rivisti, catalogati e resi disponibili nella banca dati accelerometrica.



**Figura 3.** Ubicazione degli accelerometri in Sicilia orientale.

## La rete infrasonica

Lo studio ed il monitoraggio della radiazione infrasonica emessa dai vulcani in attività è ormai uno strumento consolidato per indagare la dinamica dei processi esplosivi ed integrare i tradizionali sistemi di sorveglianza. Dall'agosto 2006 anche l'OE registra segnali infrasonici all'Etna mediante una rete permanente di sensori. Nel 2010 è stata installata la stazione EBCN ubicata ad ovest del cratere di Bocca Nuova, che completa l'anello di microfoni costituito da 7 stazioni, molto utile per il monitoraggio e lo studio dell'attività infrasonica nell'area sommitale. Inoltre sono state installate anche altre 3 stazioni con lo scopo di migliorare la copertura della rete infrasonica (RI) a quota intermedia (Figura 4).



**Figura 4.** Distribuzione delle stazioni infrasoniche dell'Etna.

## L'acquisizione dei dati

Il Settore tematico acquisizione dei segnali sismici e gestione reti strumentali (ST6) si occupa di gestire il primo stadio del sistema di acquisizione dei dati provenienti dalle stazioni remote a tecnologia *Nanometrics*<sup>1</sup>.

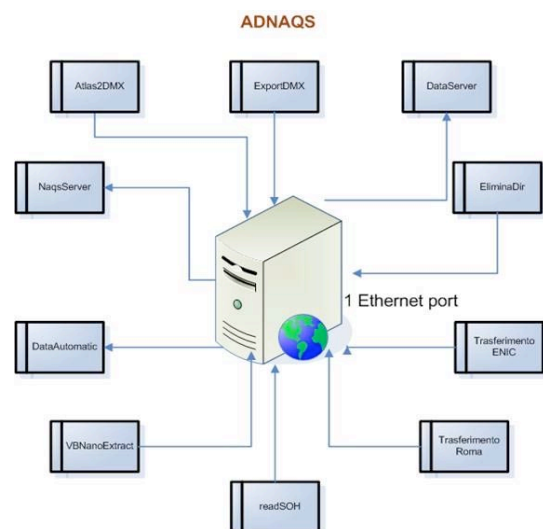
Tutti i canali della RSP sono canalizzati verso un unico *server* di acquisizione posto al CUAD,

<sup>1</sup> <http://www.nanometrics.ca/>

denominato ADNAQS (Figura 5). Al suo interno sono installati diversi *software* per la gestione dell'acquisizione, il cui più importante è appunto il *NaqsServer* che si occupa di gestire il flusso dati dalle stazioni remote e la sua archiviazione ciclica sui *files ringbuffers*.

Esso si occupa anche della gestione delle richieste di ritrasmissione da effettuare alle stazioni remote, in presenza di buchi di informazione e della gestione della richiesta dati da parte di *client* che vogliono ottenere uno *stream* privato di uno o più canali. I canali gestiti per la RSP dell'OE sono di diversa natura e sono di tipo sismico, accelerometrico, infrasonico, meteo ed SOH (*State of Health*). Per ogni canale è utilizzato un diverso *file ringbuffer* da 100MB che assicura in media una quantità di dati che corrisponde a circa 8-10 giorni di acquisizione dalle stazioni remote. Quando viene superato questo limite il *software* sovrascrive i dati più "vecchi". Per provvedere all'archiviazione dei dati in modo permanente vengono utilizzati dei sistemi che provvedono allo *storage* in formato DMX sul dato in *real time* (sistema *Earthworm*) o con 8 ore di differenza (sistema *Atlas2dmx*).

Il *software NaqsServer* riesce a gestire un massimo di 512 canali. Ad oggi il *server* da noi utilizzato ne gestisce ben 480. Questo significa che si ha ancora un margine di 30 nuovi canali che possono essere aggiunti. Una stazione tipica multiparametrica della RSP, è composta in generale da 3 canali sismici, 1 canale GPS, 2 canali SOH, per un totale di 6 canali a stazione. Se a questa si aggiungono un canale infrasonico o tre canali accelerometrici, il totale sale fino a 10 per stazione.



**Figura 5** Struttura e servizi gestiti dal *server* ADNAQS.

Supponendo che nell'immediato futuro s'installino delle stazioni che necessitano in media di 7 canali ciascuna, avremmo a disposizione capacità per altre 4 installazioni circa.

Sono in funzione altri 3 *server* di cui 2 virtuali: EONAQS su macchina fisica che si occupa dell'acquisizione di alcuni segnali eoliani inglobando anche i processi *Atlas2dmx* ed *export DMX*, ADELSISX08 *server* su macchina virtuale per la gestione dell'acquisizione dei dati meteo e del *software Alert Mailer*, CTELSISX11 *server* su macchina virtuale che realizza un piccolo *backup* del *server* ADNAQS.

Per ottimizzare il sistema si procederà alla realizzazione di un *full backup* dei processi nei casi in cui si verifichino *crash software* o *hardware* tramite dei *servers* clone di ogni *server* attivo, intendendo per clone un *server* che mantenga gli stessi processi e soprattutto gli stessi *file* di configurazione che si trovano sul *server master*. Sarà inoltre aumentata l'efficienza dell'acquisizione e delle trasmissioni *ethernet* distribuendo i processi attualmente attivi su ADNAQS a carico di più *servers*.

**Ringraziamenti.** Un sentito ringraziamento al responsabile dell'Unità Funzionale Sismologia R. Azzaro, ed ai responsabili scientifici delle reti H. Langer (accelerometrica), E. Privitera (infrasonica) e S. Spampinato (sismica).

## LA RETE SISMICA PERMANENTE DELL'OSSERVATORIO VESUVIANO

Massimo Orazi, Ciro Buonocunto, Marco Capello, Antonio Caputo, Luca D'Auria,  
Walter De Cesare, Flora Giudicepietro, Marcello Martini, Rosario Peluso, Giovanni Scarpato

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

### Introduzione

La RSP dell'OV è finalizzata allo studio e al monitoraggio delle aree vulcaniche attive della Campania e di Stromboli. È costituita da stazioni di vario tipo in trasmissione in tempo reale con acquisizione dei dati presso centri di acquisizione intermedi e centralizzazione, acquisizione ed archiviazione dei dati presso il Centro di Monitoraggio OV in Napoli.

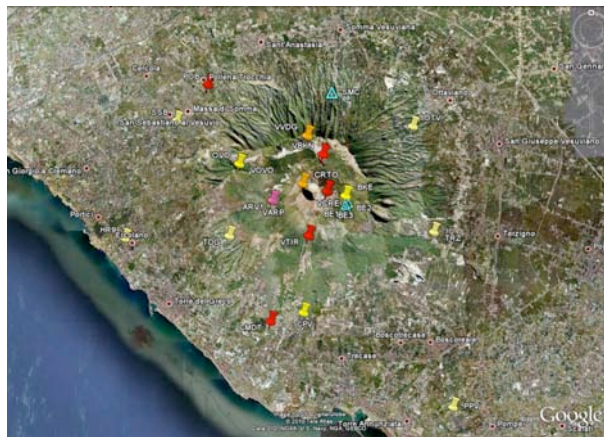
La rete, relativamente alla distribuzione e alla finalità delle installazioni, può essere idealmente suddivisa nelle seguenti sottoreti: Vesuvio, Campi Flegrei, Ischia, Stromboli, Regionale. Gli acquisitori utilizzati per le stazioni digitali sono tutti a 24 *bit* di tipo GAIA1, GAIA2 progettati e realizzati dal CNT [Salvaterra et al., 2008], GILDA progettato e realizzato dall'OV [Orazi et al., 2006; 2008 e in questo volume] e Quanterra Q330 della *Kinometrics*.

Di seguito la descrizione sintetica della configurazione attuale.

### Rete del Vesuvio

È costituita da 18 stazioni di cui 7 di tipo velocimetrico *broad band* e 11 corto periodo (*Figura 1*). Di queste 12 stazioni sono a 3 componenti e 6 a singola componente. Per quanto riguarda la tecnologia di acquisizione 10 sono di tipo digitale a 24 *bit* e 8 sono di tipo misto: stazioni analogiche digitalizzate a 16 *bit* presso il centro di ricezione di Posillipo. A queste stazioni si aggiungono 2 dilatometri. Su 7 stazioni di tipo digitale sono acquisiti anche segnali infrasonici.

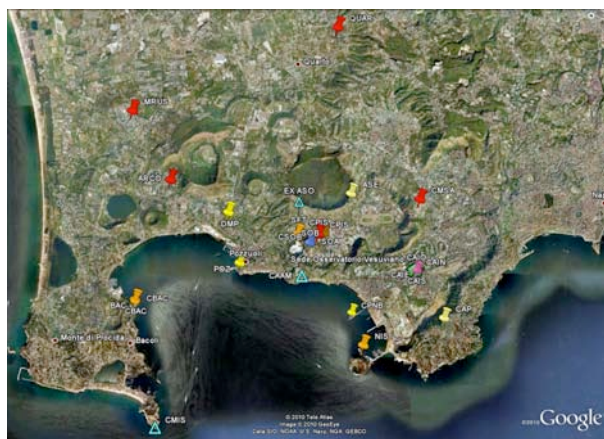
Per la trasmissione dei dati via radio si utilizzano sia trasmissioni analogiche in modulazione di frequenza nella banda 400MHz sia trasmissioni digitali nelle bande 400MHz, 2.4GHz (Wi-Fi) e 5 GHz (*Hyperlan*). Complessivamente si hanno: 1 ripetitore non accompagnato da stazione sismica e 4 ripetitori con annessa stazione. In area vesuviana è installato anche un *array* costituito da 16 stazioni corto periodo a 3 componenti. Complessivamente sulla rete del Vesuvio si contano 8 siti alimentati ad energia solare [Giudicepietro et al. 2010].



**Figura 1.** RSP - OV del Vesuvio.

### Rete dei Campi Flegrei

È costituita da 17 stazioni di cui 6 di tipo velocimetrico *broad band*, 10 a corto periodo e una di tipo accelerometrico (*Figura 2*). Di queste 13 stazioni sono a 3 componenti e 4 a singola componente. Per quanto riguarda la tecnologia di acquisizione 9 sono di tipo digitale a 24 *bit* e 8 sono di tipo analogico e digitalizzate a 16 *bit* presso il centro di ricezione di Posillipo. A queste stazioni si aggiungono 3 dilatometri. Su 4 stazioni di tipo digitale sono acquisiti anche segnali infrasonici.

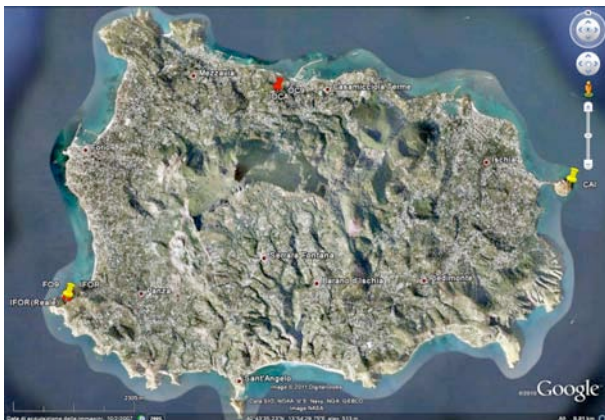


**Figura 2.** RSP - OV dei Campi Flegrei.

Per la trasmissione dei dati si utilizzano trasmissioni analogiche via radio in modulazione di frequenza nella banda 400 MHz o via cavo a mezzo di linea dedicata CDA. Le trasmissioni digitali sono nelle bande 400 MHz, 2.4 GHz (Wi-Fi) e 5 GHz (*Hyperlan*). Complessivamente si hanno: 1 ripetitore non accompagnato da stazione sismica e 2 ripetitori con annessa stazione. Complessivamente sulla rete dei Campi Flegrei si contano 4 siti alimentati ad energia solare.

### Rete di Ischia

È costituita da 4 stazioni di cui 1 di tipo velocimetrico *broad band* e 3 a corto periodo (*Figura 3*). Di queste 3 stazioni sono a 3 componenti e 1 a singola componente. Per quanto riguarda la tecnologia di acquisizione 1 è di tipo digitale a 24 *bit* e 3 sono di tipo analogico e digitalizzate a 16 bit presso il centro di ricezione di Posillipo. Una stazione digitale acquisisce anche un segnale di tipo infrasonico.



**Figura 3.** RSP - OV di Ischia.

Per la trasmissione dei dati si utilizzano collegamenti analogici diretti via radio in modulazione di frequenza nella banda 400 MHz mentre le trasmissioni digitali sono realizzate con linea ADSL dedicata.

Recentemente, secondo il piano di potenziamento previsto per la rete di Ischia, il sito di Casamicciola è stato potenziato installando un sistema di acquisizione intermedio locale con annesso sistema di trasmissione primario via radio a 5 GHz e secondario con funzione di *backup* su linea ADSL dedicata. Presso questo sito, in aggiunta alle stazioni di cui sopra, è stato installato un accelerometro, un sensore

velocimetrico *broad band* e un sensore infrasonico [Capello et al. 2011].

### Rete di Stromboli

È costituita da 14 stazioni di cui 13 di tipo velocimetrico *broad band* e 1 di tipo accelerometrico (*Figura 4*). Tutte le stazioni sono di tipo digitale a 24 *bit* con sensori a 3 componenti. La rete di Stromboli conta anche 2 dilatometri.

Per la trasmissione dei dati si utilizzano sia trasmissioni digitali nella banda 400 MHz verso Lipari e Stromboli, sia la vasta infrastruttura Wi-Fi a 2.4 GHz installata a partire dall'estate del 2005 a servizio dei sistemi di monitoraggio del vulcano.



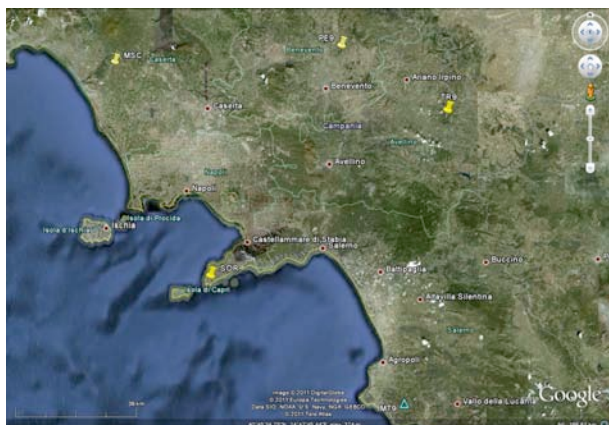
**Figura 4.** RSP - OV di Stromboli.

La rete Wi-Fi conta 12 ripetitori tutti senza annessa stazione sismica. Tutta la rete, ad eccezione della stazione accelerometrica e di un dilatometro, per totali 26 installazioni, è alimentata ad energia solare [De Cesare et al. 2009].

### Rete Regione Campania

Si considerano solo le stazioni gestite direttamente dall'OV. I dati di altre stazioni gestite dal CNT sono in acquisizione presso il Centro di Monitoraggio in Napoli ed utilizzati ad integrazione delle rete dell'OV.

Le stazioni della rete regionale sono tutte a corto periodo di cui 3 monocomponente e 2 a 3 componenti. La trasmissione è sia radio analogica nella banda dei 400 MHz che su linee dedicate CDA in corso di dismissione (*Figura 5*).



**Figura 5.** Rete Regione Campania.

### Sviluppi futuri

Gli sviluppi futuri della rete prevedono un ulteriore potenziamento delle reti sia in termini di nuove installazioni di stazioni sismiche, accelerometriche e infrasoniche, che di conversione di stazioni analogiche in digitale. Per quanto riguarda l'infrastruttura di comunicazione dati a larga banda è prevista l'attivazione di nuovi ponti radio a copertura delle aree di maggior interesse per le nuove installazioni.

Per i sistemi informatici di centralizzazione e acquisizione locale si prevede un potenziamento installando o convertendo gli attuali in architetture ad alta disponibilità [Peluso et al. 2009].

### Bibliografia

- Capello M., Caputo A., Orazi M., Scarpato G., Peluso R., Buoncunto C., Torello V., De Cesare W., D'Auria L., Giudicepietro F. (2011). Il sito multiparametrico dell'Osservatorio Geofisico di Casamicciola Terme (Ischia). Rapporti Tecnici INGV N°185.
- De Cesare W. et al (2009). The broadband seismic network of Stromboli Volcano, Italy. *Seismological Research Letters*, 80(3):435-439.
- Giudicepietro F. et al. (2010). Seismological monitoring of Mount Vesuvius (Italy); more than a century of observations. *Seismological Research Letters*, 81(4):625-634.
- Orazi M., Peluso R., Caputo A., Capello M., Buoncunto C., Martini M. (2008). A multiparametric low power digitizer: project and results. In: Conception, verification and application of innovative techniques to study active volcanoes, Warner Mazzocchi and Aldo Zollo (eds.), ISBN 978-88-89972-09-0 ©2008 INGV, pp. 435-460.
- Orazi M., Martini M. and Peluso R. (2006). Data Acquisition for Volcano Monitoring. EOS, Transactions, AGU Vol.88, No. 38, 19 september 2006, pp. 385-392.
- Salvaterra L., Pintore S e Badiali L. (2008). Rete sismologica basata su stazioni GAIA. Rapporti Tecnici INGV N°68.

## ISNET NETWORK AND ITS APPLICATIONS

Claudio Martino, Luca Elia, Maurizio Vassallo, Martino Di Crosta

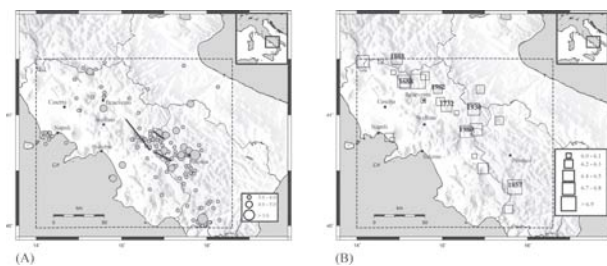
*RISSC-Lab, AMRA scarl, Naples*

### Introduction

The last strong earthquake that occurred in the southern Apennines, the Irpinia earthquake on 23 November 1980 (M 6.9), was characterized by a complex rupture mechanism that ruptured three different faults [Bernard and Zollo 1989]. This earthquake was well studied, and the quantity of data available has allowed a very detailed definition of the geometry and mechanisms of faults activated during this seismic event [Westaway and Jackson 1987; Pantosti and Valensise 1990].

Even more than 20 years after the main event, the seismotectonic environment that contains the fault system on which the 1980 earthquake occurred shows continued background seismic activity including moderate-sized events such as the 1996 (M 5.1), 1991 (M 5.1) and 1990 (M 5.4) events. Moreover, the locations of the microearthquakes (taken from the database of the INGV) define an epicentral area with a geometry and extent surprisingly similar to that of the 1980 earthquake and its aftershocks (*Figure 1A/B*).

These simple observations suggest that it may be possible to study the preparation cycles of strong earthquakes on active faults by studying the microseismicity between seismic events.



**Figure 1A.** (Left) Map of recent instrumental seismicity with  $M > 2.5$  recorded by the INGV in the period 1981-2002 in the region defined by the dashed rectangle. Dimensions of the circles are proportional to magnitude. The black lines represent the surface projection of the three fault segments that broke in the 23 November 1980 earthquake (M 6.9). **B** (Right) Locations of the main historical earthquakes retrieved from the

CFTI database within the region defined by the dashed rectangle.

With this in mind, a seismic network of large dynamic range was planned and is now in an advanced phase of completion in the southern Apennines. Called ISNet<sup>1</sup> (Irpinia Seismic Network), it is equipped with sensors that can record high quality seismic signals from both small-magnitude and strong earthquakes, from which it will be possible to retrieve information about the rupture process and try to understand the scaling relationships between small and large events.

Due to its high density, wide dynamic range, and advanced data-acquisition and data-transmission technologies, the network is being upgraded to become the core infrastructure of a prototype system for seismic early warning and rapid post-event ground-shaking evaluation in the Campania region, which has seismic hazard that ranks among the highest in Italy [Cinti et al. 2004]. ISNet will be devoted to real-time estimation of earthquake location and magnitude and to measuring peak ground-motion parameters so as to provide rapid ground-shaking maps for the whole of the Campania region. The information provided by ISNet during the first seconds of a potentially damaging seismic event can be used to activate several types of security measures, such as the shutdown of critical systems and lifelines [Iervolino et al. 2006].

The implementation of a modern seismic network involves many different research and technological aspects related to the development of sophisticated data management and processing. The communication systems need to rapidly generate useful, robust, and secure alert notifications. Here we provide a general technical and seismological overview of ISNet's complex architecture and implementation.

### The Irpinia Seismic Network (ISNet)

#### General Overview

ISNet covers an area of approximately  $100 \text{ km} \times 70 \text{ km}$  along the southern Apennine chain and is

<sup>1</sup> <http://isnet.fisica.unina.it>

deployed around and over the active fault system that generated the 1980 Irpinia earthquake.

ISNet configuration does not allow a central site-communication model for transmission of seismic data from a remote site; it uses an extended star topology designed to ensure fast and robust data recording and analysis. The signals are acquired and processed at different locations in the network. This configuration leads to four fundamental network elements: the seismic stations, the local control centers (LCC), the central network control center (RISSC), and the data communication systems [Weber et al. 2007]. *Figure 2* illustrates the locations of the stations that comprise ISNet.



**Figure 2.** A snapshot from the ISNet Database in which is shown the ISNet topology and communication links.

The stations are deployed along two imaginary concentric ellipses, with the major axes oriented NW-SE and parallel to the Apennine chain. The inter-station distances vary from about 10 km in the inner ellipse to about 20 km in the outer ellipse. Each seismic station is connected via radio link to an LCC (*Figure 2*), which is itself linked to the RISSC by a digital broadband (ADSL) wire line over a frame relay. Through the use of permanent virtual circuits (PVCs), the frame relay allows the central site to use a single phone circuit to communicate with the multiple remote sites (the LCCs). The whole data transmission system is fully digital over transmission control protocol/Internet protocol (TCP/IP), from the dataloggers, through the LCC, to the control room in Naples.

### ***Subnets of Seismic Stations and LCCs***

ISNet is composed of 30 seismic stations grouped in six subnets, each composed of a maximum of six to seven stations. The stations of each subnet

are connected with real-time communications to a specific LCC. The seismic stations are placed in  $2\text{m} \times 2\text{m} \times 2\text{m}$  shelters that are installed inside  $6\text{m} \times 4\text{m}$  fenced areas. Each station is supplied with two solar panels (120 W peak, with 480 Wh/day), two 115Ah gel cell batteries (which avoids freezing damage), and a custom switching circuit board between the batteries. With this configuration, 72-h autonomy is ensured for the seismic and radio communication equipment.

The five LCCs collect and store the incoming data from the seismic stations of the subnet to which they are connected via digital radio. The LCCs are positioned near small towns (in a shelter) or in existing buildings with an AC power supply and fast communication connections. At some sites, the LCC also hosts a seismic station. In such cases, the sensors are outside in a shallow hole, at a depth of 1 m to 1.5 m, with the data-logger and other equipment located inside an adjacent building.

### ***Real-time data management***

The real-time data management and analysis of ISNet is realized through several levels that match the physical structure of the network (*Figure 2*). The first level is the data logger, where the signal is digitized and time-stamped. From each single physical channel, the data logger can provide several virtual channels, with different sampling rates. Each data logger uses the SeedLink protocol to send a real-time waveform data stream to the associated LCC. This runs the SeisComP software which acts as a Hub for data collection and distribution. Indeed, external users can obtain real-time data streams from ISNet stations by connecting to one or more LCCs, using the SeedLink protocol. On top of SeisComP, each LCC runs the Earthworm real-time analysis software, which processes data streams and performs filtering and automatic *P*-phase picking. The permanent storage for data streams managed by Earthworm is performed at each LCC using the Winston Wave Server software package. This software keeps a MySQL database of continuous waveforms and provides segments of data on request. Moreover, Winston can serve a request for several days worth of data as an image (helicopter), and for the day-to-day monitoring of the stations. Since just an image is sent from the LCC to the requesting client, and not the actual data, this feature helps save bandwidth.

An Earthworm installation running at the NCC performs the event detection. This centralizes all of the phase readings coming from the LCCs and performs phase association and event location



using the “binder” module. The binder computes the time difference between every pair of P arrivals and performs a back-projection of this value, to search for a volume within a spatial grid where the hypocenter is likely to be. When six or more consistent arrival times are detected, a new event is declared. After its declaration each event is relocated by an L1-norm, linearized algorithm, which uses the previously determined hypocenter as its starting point. If new arrivals enter the binder, these are first checked against the active events, or, should it be the case, used to declare a new event.

The waveform and parametric data (source location and origin time) for each event detected are stored in a database, the details of which are provided in the next sections. The automatic event detection is at the basis of our near real-time analysis system, which will be discussed here in after.

**The ISNet near real-time analysis system**

The Earthworm seismic management software that runs at each LCC and at the NCC is capable of real-time analysis. It provides a number of modules to perform common tasks, like estimating the local magnitude or measuring the peak ground values for ground shaking map computation. However, implementing a new feature as an Earthworm module is not a trivial task, since it requires a good knowledge of the C programming language and a careful handling of the input/output routines. For this reason we decided to make use of Earthworm up to the automatic event detection (performed at the NCC by the “binder\_ew” module), while we designed a custom, near real-time, system for computation of earthquake source parameters and ground shaking maps.

The basic idea behind this system is that a seismologist who is able to write the computer code to analyze off-line data could easily make his work part of a near real-time processing chain, regardless of the programming language he uses and without entering into the details of the input/output strategies. We based our system on three key concepts: simplicity, flexibility and extendibility.

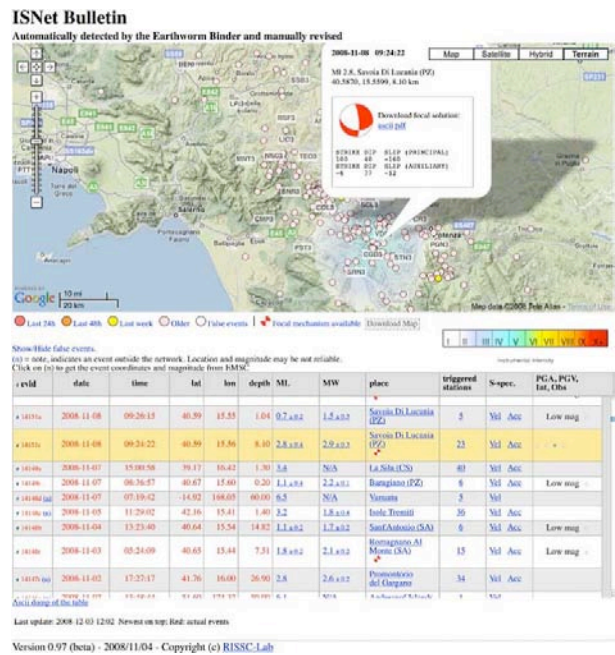
The system is structured as a processing chain, where each module is executed once the previous one terminates. The chain is launched every 2min: the next instance of the chain can process a new event while the previous event is still processed by the earlier instance. The modules can be logically divided in two families:

- *Core modules:* These are designed to interact with Earthworm, to: build a list of events

(00\_parse\_events); keep track of the P-arrival times used for event association (01\_parse\_picks); and download event waveforms from the Earthworm wave server and save them as sac files (02\_get\_traces and 06\_get\_full\_traces). Core modules are connected to the underlying network management system and need to be replaced by equivalent modules if a different system is used.

- *User defined modules:* These modules only rely on the existence of an event file (with event id, and location, as reported by the binder), a pick file, and the waveforms (in sac format) associated to each event.

All of the modules are written as Linux Bash shells, although this is not mandatory. Several modules make use internally of sac macros, awk scripts and/or custom Fortran code. The results of the automatic analyzes are published on an interactive web page, called “ISNet Bulletin” (Figure 3).



**Figure 3.** The “ISNet Bulletin” interactive web page. Circles in the Google map on the upper half of the page represent events detected by the system. The events, with the associated parameters, are reported in the interactive table on the second half of the page. Additional information for each event is reported in the map or in a pop-up page by simply clicking on one or more parameters of the event. As an example, the instrumental intensity and the detailed information, including focal mechanism, for a  $M_L$  2.8 event are displayed.

This page is designed around a Google map, which covers the upper half of the page, and shows the event locations and the stations. The default view is centered on ISNet, but it is possible to zoom in and out. The second half of the page shows a table view of the events, with the associated parameters. The fields are: event id, origin date, origin time, latitude, longitude, depth,  $M_L$ ,  $M_W$ , place (toponym), number of triggered stations,  $S$ -displacement spectra, and ground-shaking maps.

**SeismNet Manager - A web application to manage hardware and data of a seismic network (Figure 4)**

Modern seismic networks have grown to become increasingly complex infrastructures, composed of hundreds of devices and data streams scattered over wide geographic regions.

Among the components of such networks are heterogeneous seismic and environmental sensors, digitizers, data loggers, data collection servers, wired and wireless communication hardware, and other devices and software subsystems charged with different data handling tasks, such as continuous data storage or analysis. In order to be effectively managed, a seismic network therefore needs a tiered software application. This application encompasses tasks that range from the low-level (hardware monitoring for failure detection) to the mid-level (data quality control) to the high-level (managing the final output of the network: recorded events, waveforms, and parametric data) [Elia et al., 2010]. At the same time such an application should provide a centralized and easy-to-use graphical user interface (GUI) (Figure 5 and 6).



Figure 4. <http://isnet.fisica.unina.it>

**PRESTo, the earthquake early warning system for Southern Italy<sup>2</sup>**

PRESTo is the acronym of *P*robabilistic and *E*volutionary early warning *S*ysTem, a new software platform at the base of the Earthquake

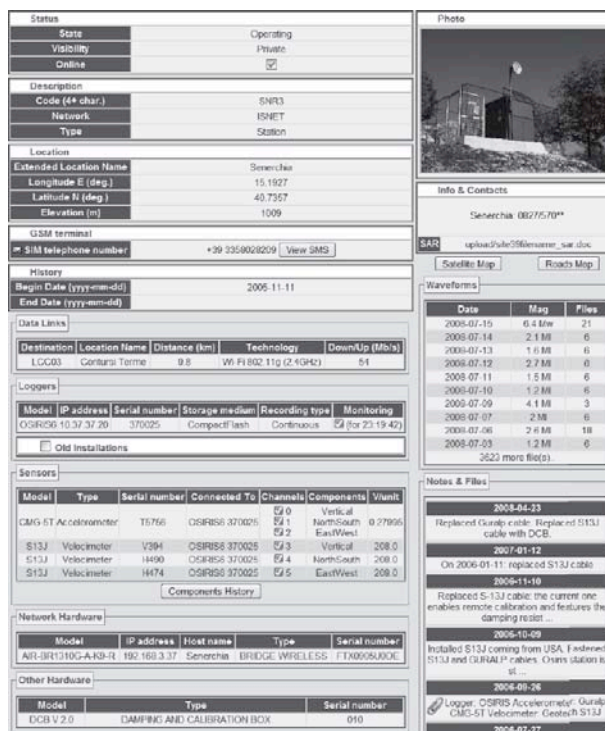


Figure 5. The Web page for a typical station. In addition to the station details, all of the information pertaining to this site (metadata) is listed here, such as: communication links, installed hardware with their most important details and health, recorded waveforms, alarms, notes, images, and attached files.

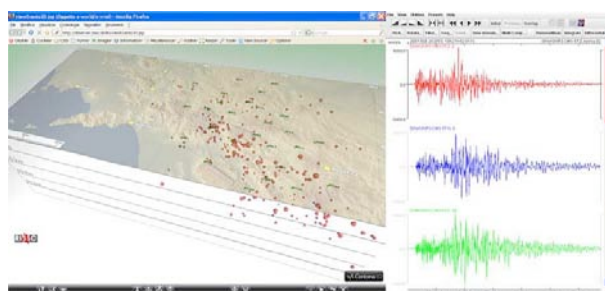
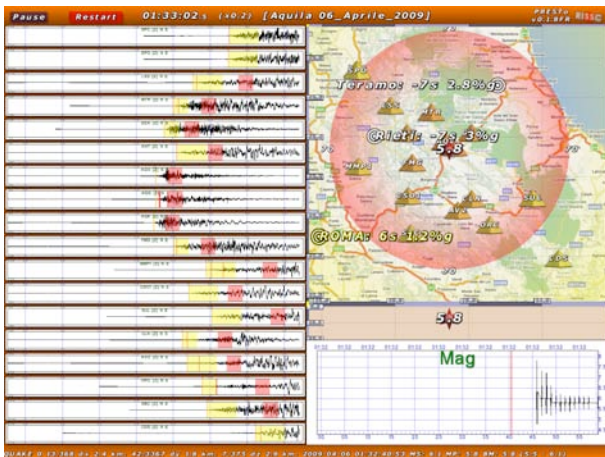


Figure 6 Events can be displayed as an interactive 3D rendering in the web browser (left). Waveforms can be viewed and processed through the SeisGram2K Java applet (right). The parametric

<sup>2</sup> <http://isnet.fisica.unina.it>

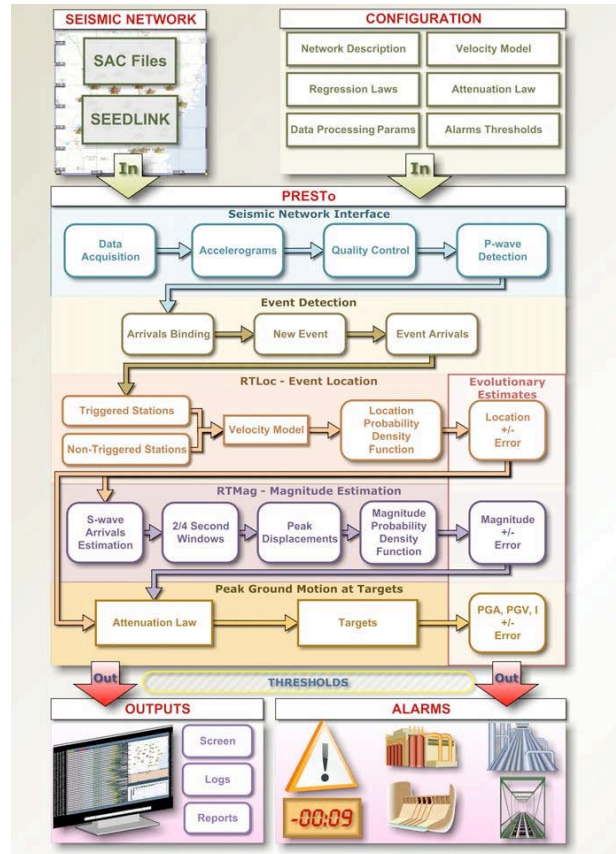
information associated to the waveforms (e.g. picks) can also be edited through this applet. Early Warning System (EWS) under development and testing in southern Italy [Zollo et al., 2009; Iannaccone et al. 2009]. PRESTo is an integrated software tool that continuously processes the live streams of 3-component acceleration from the seismic stations. As an energetic event is detected at a minimum of two stations, the system promptly performs the first P-picking location. Peak ground displacement measurements (PD) in a narrow time windows after the observed P- and predicted S-signals are used to estimate the earthquake magnitude and predict a peak ground motion parameter at distant target sites (Figure 7).



**Figure 7.** Interactive zoom on a station component, showing the time windows used to compute the earthquake magnitude: The yellow window covers 2 or 4 seconds after the automatically computed P-wave arrival. In red are the three estimates of the magnitude obtained using those three different time windows.

The evolutionary, real-time earthquake location technique is based on an equal differential time (EDT) formulation and a probabilistic approach for describing the hypocenter estimation. The algorithm, at each time step, relies on the information from both triggered arrivals and not-yet-triggered stations. With just one recorded arrival, the hypocentral location is constrained by the Voronoi cell around the first triggering station, constructed using the travel times to the not-yet-triggered stations. With two or more triggered arrivals, the location is constrained by the intersection of the volume defined by the Voronoi

cells for the remaining, not-yet-triggered stations and the EDT surfaces between all pairs of triggered arrivals. As time passes and more triggers become available, the evolutionary location converges to a standard EDT location [Satriano et al., 2008].



**Figure 8.** Diagram of the data flow within the building blocks of PRESTo. At the top are the inputs, i.e the ground motion data (as file so real-time streams) and the end-user configuration data (including the seismic network description and velocity model). The vertical components of the data streams are continually analyzed to detect P-waves arrivals. After arrivals at different stations have triggered a new event, a chain of modules produces a probability density function for hypocenter and magnitude. Each target site is promptly informed of the most likely hypocenter and magnitude (and related uncertainties) and, most importantly, of the expected peak ground motion it will experience in a few seconds (if above the target specific threshold).

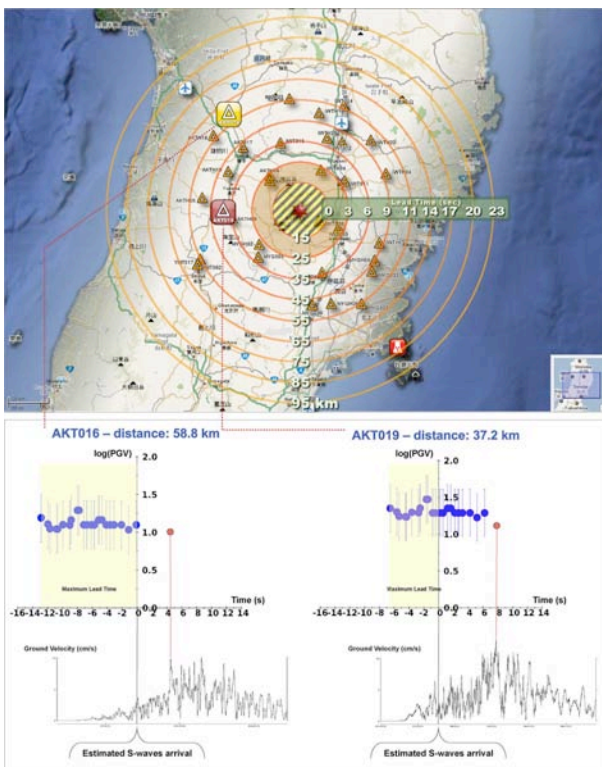
The real time and evolutionary algorithm for magnitude estimation is based on a magnitude predictive model and a Bayesian formulation. It is aimed at evaluating the conditional probability

density function (PDF) of magnitude as a function of ground motion quantities measured on the early part of the acquired signals. We use the empirical relationship between low-pass filtered, initial P- and S-peak displacement amplitudes and moment magnitude [e.g. Zollo et al, 2006]. While the P-wave onset is identified by an automatic picking procedure, the S-onset is estimated from a theoretical prediction based on the hypocentral distance given by the earthquake location. At each time step, progressively refined estimates of magnitude are obtained from P- and S-peak displacement data. Following a Bayesian approach, the magnitude PDF computed at the previous step is used as *a priori* information [Lancieri and Zollo, 2008].

An empirical attenuation model at regional scale is used to predict the peak accelerations at target structures. For the Iwate region the attenuation relation of Kanno et al (2006) was used. PRESTo can easily be configured and tailored to different networks, by providing the seismic stations details, velocity model, coefficients of the regression laws, and by tuning the parameters controlling the data analyses algorithms and the alarms dissemination. A simple integration with the underlying seismic network is guaranteed by the widely available SeedLink communication protocol used for data acquisition (Figure 9).

## References

- Bernard P. and Zollo A. (1989). The Irpinia (Italy) 1980 earthquake: Detailed analysis of a complex normal fault. *JGR*. 94, 1,631-1,648.
- Cinti F.R., Faenza L., Marzocchi W. and Montone P. (2004). Probability map of the next  $M \geq 5.5$  earthquakes in Italy. *Geochem., Geoph., Geosys.* 5, Q11003, doi:10.1029/2004GC000724.
- Elia L, Satriano C., Iannaccone G. (2009). SeismNet Manager - A web application to manage hardware and data of a seismic network. *Seismol. Res. Lett.*, Vol.80, N.3, 2009, doi: 10.1785/gssrl.80.3.420.
- Iannaccone G, Zollo A, Elia L, Convertito V, Satriano C, Martino C, et al. (2009). A prototype system for earthquake early-warning and alert management in southern Italy. *Bull Earthquake Eng*, doi:10.1007/s10518-009-9131-8.
- Iervolino I., V. Convertito, M. Giorgio, G. Manfredi and A. Zollo (2006). Real-time risk analysis in hybrid early-warning systems. *J. of Earth. Eng.* 10 (6), 867-885.
- Kanno T, Narita A, Morikawa N, Fujiwara H, Fukushima Y. (2006). A new attenuation relation for strong ground motion in Japan based on recorded data. *BSSA*; 96(3):879-97, doi:10.1785/0120050138.
- Lancieri M and Zollo A. (2008). Bayesian approach to the real-time estimation of magnitude from the early P and S wave displacement peaks. *JGR*. 2008;113(B12), doi:10.1029/2007JB005386.
- Pantosti D., and G. Valensise (1990). Faulting mechanism and complexity of the 23 November 1980, Campania-Lucania earthquake inferred from surface observations *JGR* 134, 15,319-15,341.
- Satriano, C., A. Lomax, and A. Zollo (2008), Real-time evolutionary earthquake location for seismic early warning, *Bull. Seismol. Soc. Am.*, 98, 1482- 1494, doi:10.1785/0120060159.
- Weber E., Iannaccone G., Zollo A., Bobbio A., Cantore L., Corciulo M., Convertito V., Di Crosta M., Elia L., Emolo A., Martino C., Romeo A. and C. Satriano (2007). Development and testing of an advanced monitoring infrastructure (ISNet) for



**Figure 9.** (Top) Map of the 2008 MW 6.9 (Mjma 7.2) Iwate earthquake epicenter and of their recording stations from K-Net and KiK-Net. The star is the reference location. The circles indicate the maximum lead-time, defined as the difference between the S-arrival time and the time of the first available magnitude estimate; the yellow striped area is the corresponding blind zone. The orange area is the blind zone for a sample application that requires a more stable magnitude estimate. (Bottom) Module of velocity recorded by the horizontal components at two sample stations (the peak value is marked by the red dot), compared with the time-evolving PGV estimate from the system.

seismic early-warning applications in the Campania region of southern Italy. In *Earthquake Early Warning Systems*, ed. P. Gasparini et al., 325-341. Berlin: Springer.

Westaway R. and J. Jackson (1987). The earthquake of 1980 November 23 in Campania-Basilicata (Southern Italy), *Geophys. J. R. Astr. Soc.* 90, 375-443.

Zollo A, Iannaccone G, Lancieri M, Cantore L, Convertito V, Emolo A, et al. (2009) The earthquake early warning system in Southern Italy: methodologies and performance evaluation. *Geo. Res Let.* 36:L00B07, doi:10.1029/2008GL036689.

Zollo A., Lancieri M. and S. Nielsen (2006). Earthquake magnitude estimation from peak amplitudes of very early seismic signals on strong motion records. *GRL* 33, L23312, doi:10.1029/2006GL027795.

## ACQUISIZIONE DATI AL CENTRO DI RICERCHE SISMOLOGICHE DELL'ISTITUTO NAZIONALE DI OCEANOGRAFIA E DI GEOFISICA SPERIMENTALE - OGS

Damiano Pesaresi<sup>1,2</sup> e Pier Luigi Bragato<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia, Sezione Roma 1 - Sismologia e Tettonofisica

<sup>2</sup>Istituto Nazionale di Oceanografia e di Geofisica Sperimentale – OGS, Centro di Ricerche Sismologiche

### Introduzione

Il Centro di Ricerche Sismologiche (CRS) dell'Istituto Nazionale di Oceanografia e di Geofisica Sperimentale - OGS è stato istituito con la legge n. 399 del 30 novembre 1989 col fine istituzionale di: *“...svolgere, in autonomia scientifica e secondo specifici progetti: ricerche sulla sismicità e sulla sismogenesi dell'Italia nord-orientale, gestendo e sviluppando inoltre la connessa rete di rilevamento sismico anche per fini di protezione civile. Nei campi di sua competenza il dipartimento svolge inoltre: attività applicativa; studi e ricerche sulle tecnologie di acquisizione, trasmissione e trattamento del segnale sismico; studi e ricerche per l'affinamento del modello sismotettonico dell'Italia nord-orientale.”*

Dal 2003, in seguito alla conferenza *“Integrating the Seismic Monitoring in Central Europe”* tenutasi a Udine e al *Workshop “Beyond Frontiers: Seismic Networks in the Southern Alps”* organizzato a Trieste, l'OGS ha partecipato al progetto europeo *Interreg IIIa Italia/Austria “Reti sismologiche senza frontiere nelle Alpi sud-orientali”*<sup>1</sup>. Il progetto nasce dalla stretta collaborazione esistente tra:

- il CRS dell'OGS a Udine;
- la Protezione Civile della Regione Friuli-Venezia Giulia (FVG);
- l'allora Dipartimento di Scienze della Terra (DST) dell'Università di Trieste (adesso dipartimento di Geoscienze);
- lo *Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik, Hauptabteilung Geophysik* di Vienna in Austria (ZAMG);
- *l'Urad za seizmologijo, geologijo, Agencija Republike Slovenije za okolje*, di Lubiana in Slovenia (ARSO).

Il terremoto di Bovec, avvenuto in prossimità dei confini tra FVG, Carinzia e Slovenia nel 1998, ha evidenziato l'importanza di un'integrazione e potenziamento delle reti delle diverse nazioni

confinanti. In particolare, in tale occasione si è evidenziato: l'eterogeneità della strumentazione esistente nelle diverse reti, la mancanza di connessione dedicata tra i centri sismologici anche all'interno della stessa nazione e la mancanza di un sistema di elaborazione ed archiviazione dei dati omogeneo.

Lo scopo del progetto è stato quindi l'integrazione transfrontaliera delle reti sismologiche presenti nelle tre nazioni per far fronte alle necessità di protezione civile e per scopi di ricerca scientifica. La disponibilità in tempo reale di forme d'onda dei terremoti permette, infatti, l'analisi immediata dei dati in maniera automatica che fornisce informazioni rapide ed affidabili alle autorità di protezione civile. Gli obiettivi principali raggiunti durante il progetto sono:

1. la creazione di un centro di raccolta dati in tempo reale presso la Sala Operativa Regionale (SOR) di Palmanova della Protezione Civile del Friuli-Venezia Giulia e l'adattamento dei centri raccolta dati del DST, dell'OGS e di Vienna a questi scopi. La duplicazione dei centri di raccolta dati e delle connessioni tra questi garantisce il funzionamento del sistema anche nel caso che uno o più centri siano fuori uso per i danni subiti da un sisma distruttivo;
2. l'individuazione e la realizzazione di uno o più sistemi di connessione dati efficienti e sicuri tra le stazioni ed i centri di raccolta;
3. la ridefinizione della geometria attuale delle reti, in funzione della migliore copertura possibile delle aree potenzialmente pericolose a ridosso dei confini di stato;
4. la programmazione dei protocolli comuni d'intervento in caso di forti terremoti.

### Antelope @ OGS

Dal punto di vista tecnico, la diretta conseguenza della partecipazione dell'OGS al progetto europeo *Interreg IIIa Italia/Austria “Reti sismologiche senza frontiere nelle Alpi sud-orientali”* è stata l'adozione della *suite software Antelope* come strumento principale di

<sup>1</sup><http://www.dst.units.it/RAF06/Progetti/interreg/index.html>.

acquisizione, elaborazione, archiviazione e scambio dati sismologici in tempo reale.

Il *software* di acquisizione Antelope [BRTT, 2004] nasce alla fine del *Joint Seismic Program* (JSP) di IRIS<sup>2</sup> per fornire uno strumento di acquisizione dati sismologici *standard* per il progetto PASSCAL. L'evoluzione parte dal *software* di dominio pubblico *Datascope* e si evolve poi in un prodotto commerciale supportato dall'americana BRTT e commercializzato dalla sempre americana *Kinematics*<sup>3</sup>.

Antelope si compone principalmente di un server denominato "*orbserver*" e da numerosi clienti. Il prefisso ORB sta per *Object Oriented Buffer*, il che significa che all'interno del *server* può essere immagazzinato qualsiasi tipo di pacchetti dati, purché dotati di una corretta intestazione (*header*). Questo rende Antelope particolarmente versatile, in quanto solo per fare un esempio allo stesso tempo nell'*orbserver* possono essere immagazzinati dati in formati diversi (si pensi al SAC o al SEED). Tra i vari clienti disponibili nella *suite software* Antelope vale la pena menzionare:

- *q330orb* e *qt2orb* per l'acquisizione dati in tempo reale da acquisitori sismici Quanterra Q330 e Q4120/Qx80, rispettivamente;
- *orb2db* per l'archiviazione su *database* delle forme d'onda;
- *orb2dbt* per l'archiviazione su *database* di dati parametrici;
- *orbdetect* per il *trigger* in tempo reale STA/LTA;
- *orbassoc* per la determinazione veloce dei parametri ipocentrali tramite ricerca su griglia di tempi di percorrenza pre-calcolati;
- *orbevproc* per la determinazione di magnitudo;
- *orbwfmeas* per la determinazione di accelerazioni/velocità di picco, ecc.
- *orb2orb* per lo scambio dati tra due *orbserver* Antelope;
- *slink2orb* per l'importazione in Antelope di dati da un *server SeedLink*;
- *ew2orb* per l'importazione in Antelope di dati da un *server EarthWorm*;
- *scream2orb* per l'importazione in Antelope di dati da un *server Guralp Scream*.

Tutti i clienti in tempo reale con prefisso orb- hanno un corrispondente *off line* il cui nome comincia per db-.

Dopo la conclusione del progetto europeo *Interreg IIIa Italia/Austria* "Reti sismologiche senza frontiere nelle Alpi sud-orientali", l'OGS ha

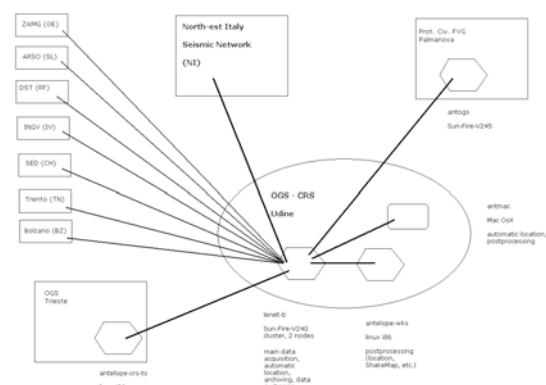
stabilito ulteriori collaborazioni con enti e istituzioni italiani ed internazionali (Regione Veneto, INGV, Provincia di Trento e Provincia di Bolzano in Italia, SED in Svizzera) per lo scambio in tempo reale di dati sismologici (*Figura 1*), per un numero totale di stazioni sismiche acquisite in tempo reale di quasi 100 [Pesaresi et al., 2008].

In *Figura 2* è illustrato lo schema di implementazione di Antelope presso il CRS.

L'OGS mantiene Antelope in 3 differenti siti geografici: l'acquisizione principale avviene presso la sede del CRS di Udine, l'acquisizione di *backup* presso la sede della Protezione Civile del Friuli-Venezia Giulia di Palmanova, infine esiste anche un'acquisizione ausiliaria di servizio presso la sede dell'OGS di Trieste.



**Figura 1.** Rete Sismica Virtuale dell'OGS.



**Figura 2.** Architettura Antelope al CRS.

L'acquisizione principale a Udine è realizzata su un *cluster* SUN Fire V240 con sistema operativo *Solaris 5.10* dotato di un *array* di dischi esterni collegato in fibra ottica. La scelta del *cluster* SUN

<sup>2</sup> <http://www.iris.edu>

<sup>3</sup> <http://www.kinematics.com>

è stata dettata da esigenze di affidabilità per un'acquisizione dati H24 a fini anche di allerta protezione civile. Il *cluster* è formato da 2 nodi speculari ed identici: se per qualsiasi ragione l'acquisizione dati di Antelope fallisce sul nodo corrente, il *cluster* automaticamente passa tutte le risorse impiegate da Antelope (memoria RAM, spazio su disco, CPU) sul secondo nodo. Sul *cluster* Antelope principale di Udine girano pertanto praticamente tutti i clienti di Antelope sopra indicati, compresi quelli realizzati ad *hoc* dal personale CRS descritti in seguito.

Dopo più di cinque anni di funzionamento che hanno visto l'aggiornamento di varie versioni di Antelope (dalla 4.6 alla 5.0-64), il *cluster* SUN ha dimostrato la sua affidabilità ma comincia a denotare la sua scarsa potenza in termini di calcolo. In particolare, in caso di forti eventi, soprattutto se seguiti da immediate repliche, il sistema può andare in sovraccarico impiegando il 100% della CPU, con possibili effetti non prevedibili, quali la dislocazione di eventi, la creazione di eventi spuri o il forte ritardo nella determinazione dei parametri ipocentrali. È da rimarcare che tale comportamento anomalo si sia comunque verificato in pochissimi casi (meno di 10 in 5 anni).

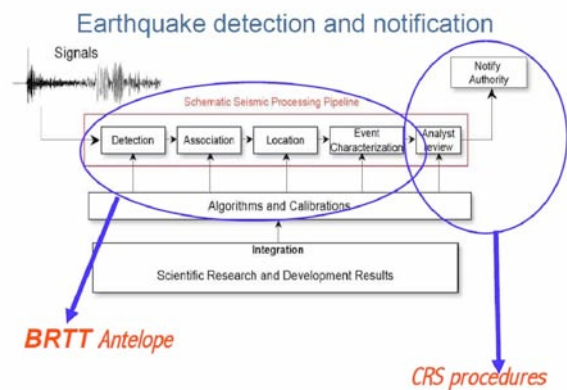
Tale osservazione e il fatto che l'acquisizione di SUN da parte di Oracle rende incerto in futuro la disponibilità di *workstations* di questo tipo, hanno spinto la BRTT prima e l'OGS poi a migrare Antelope su sistemi di tipo *Apple*. A tale proposito il CRS si è dotato a Udine di un *PowerMac* utilizzato in ridondanza per la determinazione dei parametri ipocentrali, per le rielaborazioni manuali e per l'uso grafico in genere (scarsamente efficiente sul *cluster* SUN), processi che prima venivano effettuati su una *wokstation* di tipo *Linux*, in via di dismissione perché obsoleta.

### Programmi OGS per Antelope

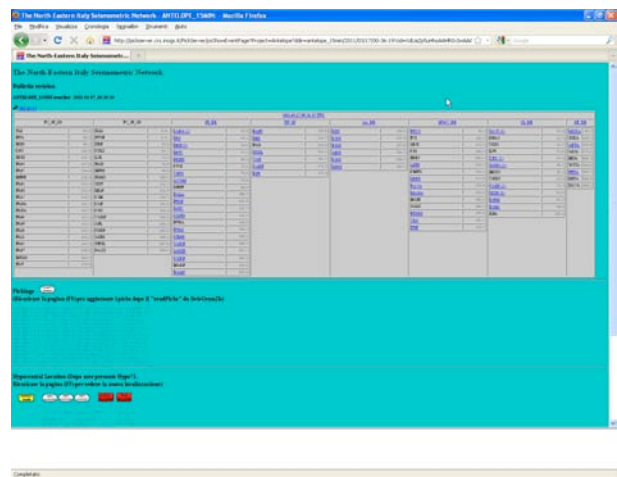
La *Figura 3* illustra come al CRS si faccia affidamento su Antelope come *standard* di acquisizione dati e caratterizzazione degli eventi sismici, ma anche che a valle di ciò il personale CRS ha creato ad *hoc* o modificato programmi esistenti per la revisione manuale degli eventi stessi e gli allarmi di allerta evento sismico.

In particolare esistono diversi sistemi di allarme via fax, *web*, sms e *email* per le diverse zone del Friuli-Venezia Giulia, del Veneto e del Trentino, i cui destinatari sono funzionari delle autorità competenti (essenzialmente le Protezioni Civili regionali o provinciali) e dell'OGS [Pesaresi et al., 2010].

Particolare menzione merita il *PickServer* realizzato al CRS, illustrato in *Figura 4*. Esso risponde alle esigenze di fornire uno strumento fruibile via *internet* da qualsiasi luogo per la revisione manuale degli eventi sismici. In tal modo il funzionario OGS di turno può rapidamente intervenire per controllare l'andamento della sismicità in tempo reale. Il *PickServer* usa il *Seismicity Viewer* di Lomax [Lomax, 2011] e HYPO71 per localizzare [Lee and Lahr, 1975].



**Figura 3.** CRS Antelope pipeline.



**Figura 4.** CRS *PickServer*.

### Conclusioni

Attualmente all'OGS vengono acquisite poco meno di 100 stazioni sismiche in tempo reale, la maggior parte delle quali a 6 canali (3 per il velocimetro, corto periodo o larga banda, più 3 per l'accelerometro) campionati a 100sps. Il flusso dati è pari 2.5 GByte al giorno, che compresso e



archiviato occupa circa 600 GByte all'anno di spazio su disco.

Durante il 2010 il sistema automatico di Antelope dell'OGS ha localizzato 1.736 terremoti (con una media di poco meno di 5 eventi al giorno). Le relative magnitudo locali  $M_L$  determinate vanno da 0,37 a 5,90, le profondità da 0 a 62 km. Il numero delle stazioni che hanno contribuito alle determinazioni degli ipocentri varia da 4 a 74: a tale proposito va notato però che per evitare piccoli eventi spuri al CRS si è imposto una localizzazione automatica solo con un minimo di almeno 10 stazioni. Il ritardo nella determinazione automatica di Antelope degli eventi sismici misurato come la differenza tra il tempo di caricamento nel *database* di Antelope e il tempo origine dell'evento stesso va da un lusinghiero minimo di soli 20 secondi ad un massimo di 27:13 minuti, con una media più che buona di 10:23 minuti, considerato l'alto numero di stazioni utilizzate e la conseguente bontà della localizzazione automatica.

**Ringraziamenti.** Gli autori desiderano ringraziare esplicitamente i colleghi in carica della manutenzione della Rete Sismica del Nordest Italia gestita dall'OGS Giorgio Duri, Elvio del Negro e Michele Bretoni, lo sviluppatore del *PickServer* Paolo Di Bartolomeo, il guru informatico del CRS Paolo Bernardi, il collega esperto amministrativo Cristian Ponton e l'attuale direttore CRS Paolo Comelli, senza i quali tutto questo non sarebbe potuto accadere.

## Bibliografia

- BRTT (2004). Evolution of the Commercial ANTELOPE Software. <http://www.brtt.com/docs/evolution.pdf>.
- Lee W. H. K. and Lahr J. C. (1975). HYP071 (Revised): A computer program for determining hypocenter, magnitude, and first motion pattern of local earthquakes, U. S. Geological Survey Open File Report 75-311, 113 pp.
- Lomax A. (2011). Seismicity Viewer version 5.0. <http://alomax.free.fr/seismicity/>.
- Pesaresi D., Bragato P. L., Di Bartolomeo P., Sarò A. and Bernardi P. (2008). Monitoring in real time the North East Italy seismicity: the OGS-CRS experience with the Antelope software suite. Poster presentato alla 31<sup>a</sup> Assemblea Generale ESC, Creta, settembre 2008.
- Pesaresi D., Sarò A., Bragato P. L., Di Bartolomeo P. and Percy Linares M. P. (2010). Acquiring, archiving, analyzing and exchanging seismic data in real time at the Seismological Research Center of the OGS in Italy. *Geophys. Res. Ab. Vol. 12, EGU2010*.

## LA RETE SISMICA REGIONALE DELL'ITALIA NORD-OCCIDENTALE: AGGIORNAMENTI TECNICI E SVILUPPI FUTURI

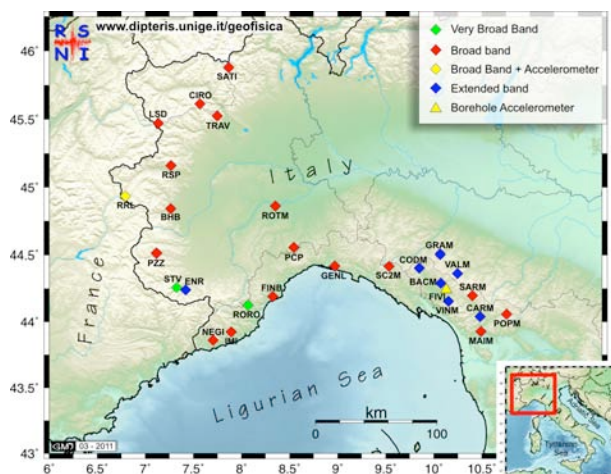
Marco Pasta, Daniele Spallarossa, Gabriele Ferretti, Mauro Pavan,  
Davide Scafidi, Giacomo Careno

Università degli Studi di Genova, Dipartimento per lo studio del territorio e delle sue risorse

### Introduzione

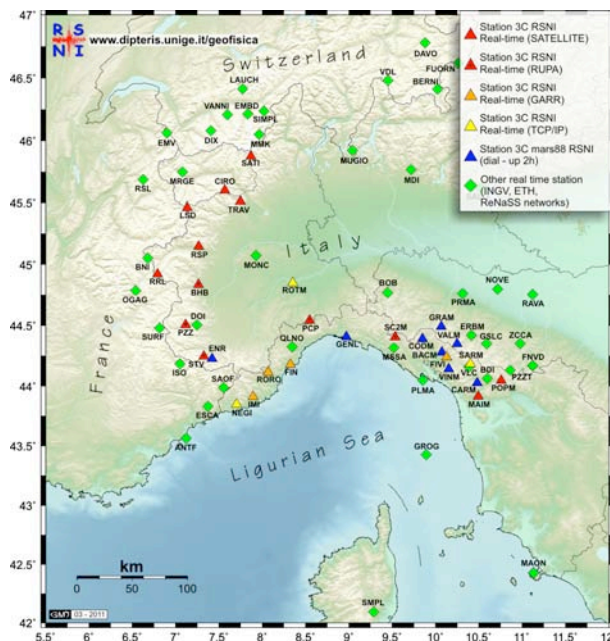
La *Regional Seismic network of North-Western Italy* (rete sismica RSNI<sup>1</sup>), gestita dal Laboratorio di Sismologia del Dipartimento per lo Studio del Territorio e delle Sue Risorse, Università degli Studi di Genova (Dip.Te.Ris.), ormai da molti anni contribuisce in maniera fondamentale alle attività di monitoraggio sismico in Italia nord-occidentale ovvero Piemonte, Liguria, Toscana settentrionale e Valle d'Aosta [Ferretti et al., 2008; 2010; Eva et al., 2010]. Attualmente la rete sismica è costituita da 28 stazioni centralizzate presso il Centro di Elaborazione Dati (CED) di Genova (Figura 1); 20 stazioni sono dotate di apparati per la trasmissione continua del flusso dei dati (trasmissione dati in *real time*) mentre 8 sono equipaggiate con sistemi di trasmissione *dial-up* (a chiamata).

Il monitoraggio sismico dell'area in oggetto è inoltre garantito attraverso l'integrazione dei segnali sismici registrati dalle stazioni della rete RSNI con quelli forniti dalle altre reti di monitoraggio operanti nell'area.



**Figura 1.** Stazioni della rete RSNI di proprietà del Dip.Te.Ris. suddivise in base al tipo di sensore sismico installato.

<sup>1</sup> [www.dipteris.unige.it/geofisica](http://www.dipteris.unige.it/geofisica)



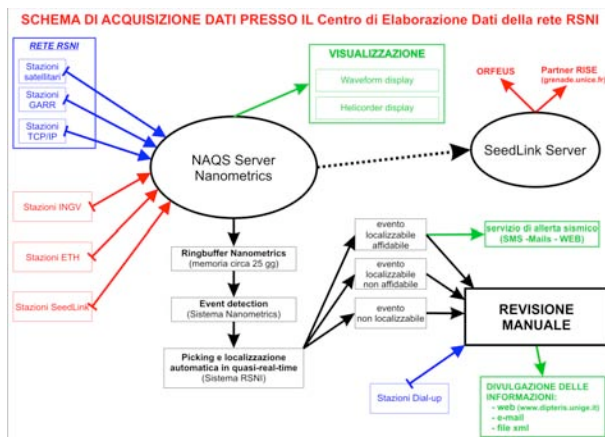
**Figura 2.** Stazioni della rete RSNI e stazioni appartenenti agli enti ReNaSS, INGV ed ETH che trasmettono dati al CED del Dip.Te.Ris. e che sono attualmente impiegate per il monitoraggio della sismicità regionale, suddivise in base al tipo di trasmissione dati.

In particolare la rete di sorveglianza nazionale gestita dall'INGV condivide i dati relativi a 20 stazioni, 11 stazioni derivano dalla rete di sorveglianza svizzera (ETH, *Swiss Federal Institute of Technology*) e 8 stazioni dalla rete francese ReNaSS (*Réseau National de Surveillance Sismique*). In Figura 1 viene riportato lo stato attuale della rete RSNI: diversi colori indicano diverse tipologie di sensore sismico installato (e.g. *very-broad-band* - Trillium 240s o Guralp CMG3; *broad-band* - Trillium 40s o Guralp GMG40; *extended band* - Lennartz LE-3D/5s). In Figura 2 vengono inoltre riportate tutte le stazioni che attualmente trasmettono dati al CED contribuendo quindi al sistema di monitoraggio sismico integrato: diversi colori indicano diverse tipologie di trasmissione del dato sismico (e.g. satellitare, tramite connessione *internet* ad alta

velocità, attraverso la rete RUPA, via GPRS, *dial-up* attraverso modem telefonici o GSM).

### Acquisizione, distribuzione ed analisi dei dati sismici

I segnali acquisiti dalle stazioni sismiche vengono trasmessi al CED del Dip.Te.Ris. attraverso opportuni sistemi che garantiscono la gestione in tempo reale dei dati. Come illustrato nel diagramma a blocchi semplificato di *Figura 3*, la procedura di acquisizione dei dati trasmessi dalle stazioni sismiche collegate in tempo reale in uso presso il CED si basa sul pacchetto *software* NAQS sviluppato dalla *Nanometrics inc.* e disponibile grazie al rapporto di collaborazione esistente fra il Laboratorio di Sismologia del Dip.Te.Ris. e l'INGV.



**Figura 3.** Schema a blocchi relativo alla procedura di acquisizione ed elaborazione dei dati sismici trasmessi dalle stazioni sismiche in Italia nord-occidentale.

Nel dettaglio, i dati trasmessi in tempo reale dalle stazioni della rete RSNI e delle altre reti operanti nell'area vengono immagazzinati all'interno di un *ringbuffer* FIFO (contenente fino a circa 25 giorni di dati in continuo) gestito dal *NaqServer*. Tale sistema, attraverso uno specifico *plugin*, consente di acquisire inoltre lo *stream* dati distribuito da altri enti attraverso *SeedLink servers* dedicati (specificatamente le stazioni ReNaSS ed alcune stazioni INGV). Il *NaqServer* viene inoltre utilizzato per la procedura di *event detection* ovvero l'estrazione di finestre di segnale potenzialmente contenenti un evento sismico. Tale procedura utilizza un'analisi di tipo STA/LTA (rapporto tra il *short term average* e il *long term average* del segnale),

effettuata su ciascuna stazione singolarmente per definire i *trigger* di stazione; l'analisi in tempo reale della coincidenza di tali *trigger* tra le diverse stazioni all'interno di una predefinita finestra temporale consente di qualificare un generico transiente come un potenziale evento sismico e di individuarne la finestra temporale di occorrenza [Turino et al., 2010]. Le finestre di segnale così selezionate e di lunghezza pari a 240 secondi, vengono immagazzinate in un opportuno database e le forme d'onda convertite in formato SAC (*Seismic Analysis Code*<sup>2</sup>).

Gli eventi sismici così individuati, vengono elaborati da un sistema automatico di analisi, sviluppato integralmente presso il laboratorio di Sismologia del Dip.Te.Ris. [vedi Spallarossa et al., 2011 - in questo volume], dedicato al *picking* delle fasi sismiche P ed S, alla localizzazione ed alla disseminazione delle informazioni parametriche relative all'evento sismico (*Figura 3*).

### Aggiornamento rete e sviluppi a breve termine

In questi ultimi anni il Dip.Te.Ris. in stretta collaborazione con la Regione Autonoma Valle d'Aosta (Assessorato Opere pubbliche, difesa del suolo e edilizia residenziale pubblica, Servizio Geologico), l'Agenzia Regionale per la Protezione Ambientale del Piemonte (ARPA Piemonte), la Regione Liguria (Dipartimento Ambiente, settore Protezione Civile ed emergenza) e la Regione Toscana (Settore Ufficio Tecnico del Genio Civile, Coordinamento Regionale Prevenzione Sismica) ha fortemente innovato la rete sismica regionale sia attraverso un aggiornamento di tipo *hardware* e *software* degli apparati di acquisizione e trasmissione che hanno implicato un quasi completo abbandono dell'analogico ed un utilizzo pervasivo della tecnologia digitale, sia attraverso l'installazione di nuove stazioni che hanno sostanzialmente ridisegnato la geometria della rete RSNI.

Anche se le attività condotte in questi anni hanno certamente portato ad un sostanziale miglioramento della qualità del monitoraggio sismico (i.e. maggiore affidabilità *software/hardware* della strumentazione, miglioramento nella stima dei parametri ipocentrali, ...), alcune attività future saranno comunque intraprese per intervenire su alcune situazioni che ancora rappresentano punti di debolezza e/o vulnerabilità della rete RSNI.

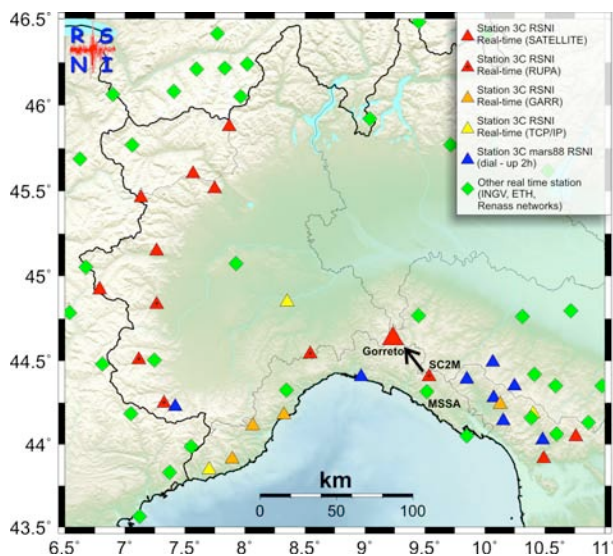
Ad esempio, per quanto concerne la geometria della rete in Liguria Orientale, l'installazione da

<sup>2</sup> [www.iris.edu/manuals/sac](http://www.iris.edu/manuals/sac)

parte dell'INGV della stazione di Maissana (MSSA, provincia di La Spezia) ha definitivamente reso di scarso interesse il mantenimento della stazione di Scurtabò (SC2M, provincia di La Spezia) a causa della ridotta inter-distanza tra le due stazioni (*Figura 4*). È stato quindi pianificato lo spostamento a nord-ovest di questa stazione nei pressi della località Gorreto (GE). In *Figura 4* è indicato il vecchio ed il nuovo sito di installazione.

Nell'ottica di un miglioramento della capacità di monitoraggio della rete RSNI in Liguria occidentale e basso Piemonte, è stata ritenuta indispensabile un'analisi preliminare bibliografica e sperimentale per l'individuazione di nuovi siti adatti ad ospitare strumentazione sismica di ultima generazione. Tali operazioni, integrate inoltre da misure sperimentali indirizzate alla qualificazione dei siti in termini di "rumorosità sismica", si concretizzeranno nella installazione di due nuove stazioni localizzate una in provincia di Cuneo ed una in provincia di Alessandria.

Nell'Appennino nord-occidentale (in Lunigiana e Garfagnana) le attività di rinnovamento della rete stanno coinvolgendo principalmente le stazioni *dial-up* (*Figura 2*) attraverso una loro trasformazione in stazioni a trasmissione in tempo reale utilizzando strumentazione di ultima generazione.



**Figura 4.** Spostamento della stazione di Scurtabò: la freccia e il grande triangolo rosso indicano lo spostamento e la localizzazione della nuova stazione.

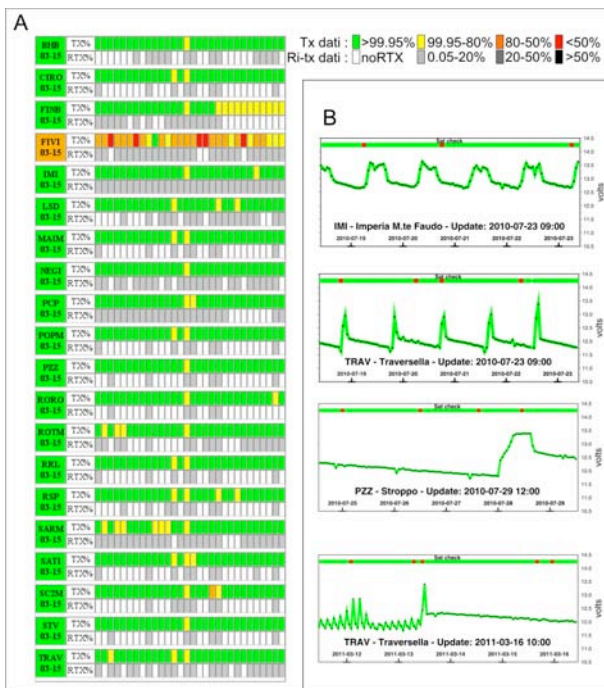
Contestualmente alle azioni volte al miglioramento della geometria della rete e della strumentazione sismica, sono state intraprese specifiche attività che hanno riguardato innovative implementazioni di tipo tecnologico e lo sviluppo di procedure utili al fine della gestione della rete sismica. Nello specifico sono stati sperimentati ed installati nuovi sistemi per la trasmissione del segnale sismico in tempo reale e per l'alimentazione e la protezione dai transienti elettrici di tutta la strumentazione installata. Inoltre sono stati sviluppati e successivamente installati presso il CED degli applicativi che consentono un monitoraggio anche da remoto del funzionamento della rete sismica (i.e. trasferimento del segnale sismico) e delle procedure dedicate al monitoraggio sismico (i.e. procedure per il *picking* e la localizzazione).

### Procedure per il controllo delle funzionalità e delle performance della rete

In *Figura 5* viene riportato a titolo di esempio il risultato visivo di una procedura recentemente sviluppata dal personale del Dip.Te.Ris. dedicata al controllo dello "stato di salute delle stazioni sismiche", ovvero al controllo in tempo reale di alcuni dei parametri principali utili alla verifica del corretto funzionamento di ciascuna stazione della rete RSNI. Nello specifico tale procedura viene attivata automaticamente ogni ora per quanto riguarda il controllo dello stato di ricezione del segnale GPS e del livello di tensione di alimentazione, e una volta al giorno per quanto riguarda la verifica della qualità di trasmissione dei segnali sismici (i.e. percentuale di ri-trasmissione del dato). Entrambe le procedure sono completamente automatizzate e prevedono una rapida ed efficace consultazione visiva dei dati elaborati direttamente tramite pagine *internet*. Sono state previste inoltre pagine *internet* particolarmente leggere e con una grafica minimale orientata alla corretta e veloce consultazione da palmare o telefono cellulare, in modo da avere costantemente la situazione sotto controllo anche da remoto. In *Figura 5B* si possono notare le caratteristiche curve di ricarica delle batterie tampone per stazioni alimentate a pannelli solari (IMI), a *fuel-cell* di vecchia generazione (PZZ) e di nuova generazione (TRAV).

Lo scopo principale di queste procedure è quello di riuscire ad intervenire in caso di un problema alla stazione sismica remota o al canale di trasmissione dati prima che si verifichi una completa avaria del sistema con conseguente perdita di dati. Ad esempio, nell'ultimo grafico in basso a destra della

Figura 5, si vede che la stazione TRAV aveva un funzionamento irregolare con frequenti ma piccole ricariche della *fuel-cell* attribuibili probabilmente ad una batteria tampone ormai difettosa. Un pronto intervento con la sostituzione della batteria ha permesso di non avere nessuna perdita di segnale sismico. Inoltre, è stato sviluppato un sistema di controllo presso il CED che sistematicamente verifica il funzionamento del *software/hardware* dedicato alla acquisizione ed elaborazione del segnale sismico (i.e accessibilità di risorse *software* ed *hardware*, numero di canali sismici disponibili in tempo reale, etc); tale procedura, in caso venga ravvisato un malfunzionamento, automaticamente notifica via sms ai tecnici e ricercatori del Laboratorio di Sismologia le caratteristiche del problema individuato.



**Figura 5.** Monitoraggio in tempo reale dello stato di salute (*State Of Health, SOH*) delle stazioni sismiche della rete RSNI; **A** Monitoraggio della qualità di trasmissione stazione-CED dei dati sismici in funzione della percentuale dei dati trasmessi correttamente (TX), ritrasmessi (RTX) e persi (100 - TX - RTX); **B** Monitoraggio del livello di carica delle batterie e dello stato della sincronizzazione temporale del GPS.

### Implementazioni per la protezione da transienti della strumentazione dislocata sul territorio

Le stazioni sismiche installate sul territorio sono spesso oggetto di fulminazioni dovute principalmente a scariche elettriche dirette o indotte sulle linee elettriche di alimentazione, sulle linee dati e attraverso il sensore sismico che è posizionato a diretto contatto con il terreno. Per ovviare, o quantomeno ridurre l'effetto spesso disastroso delle fulminazioni, sono stati utilizzati specifici accorgimenti che hanno consentito di ridurre sostanzialmente la probabilità di guasti legati ai transienti elettrici. Per quanto riguarda l'installazione del sensore si è proceduto al posizionamento sul pilastro di appoggio del sensore di una lastra di cristallo, dello spessore di 1 cm, incollata e fissata con ancoraggi in acciaio inox ancorati con collante epossidico. Questa procedura consente un ottimo isolamento elettrico dal terreno sottostante pur garantendo un corretto accoppiamento sensore-terreno. Il pilastro e quindi la lastra di vetro vengono posizionati con una leggera inclinazione al fine di permettere lo scorrimento di eventuale acqua di condensa. Il cristallo viene carteggiato in corrispondenza dell'appoggio dei piedini del sensore per aumentare il *grip* e, posizionato il sensore (messo in bolla), si procede al suo ancoraggio alla lastra con silicone.

Per quanto riguarda la trasmissione del segnale su doppino telefonico (RUPA GARR, etc) o satellitare (*Satlink*) l'accoppiamento degli apparati avviene sempre attraverso una separazione elettrica ottenuta con l'impiego di due *transceiver* rame/fibra ottica.

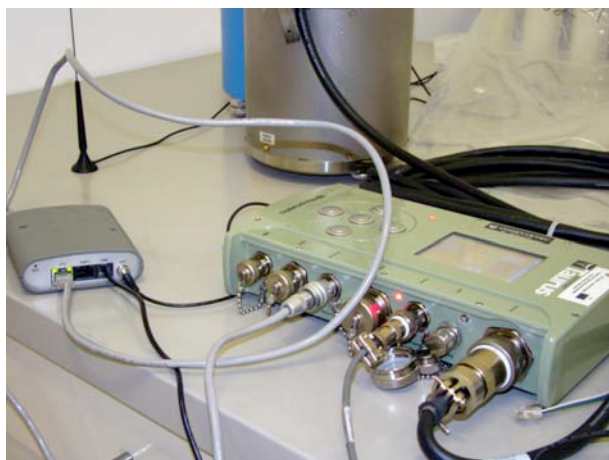
Per quanto riguarda l'alimentazione delle stazioni sono state adottate diverse soluzioni di protezione in funzione delle specifiche caratteristiche di sito. Le tipologie di protezione sono riportate in *Tabella 1* in funzione del tipo di alimentazione e di trasmissione dati.

Alimentazione	Protezione
<b>Rete elettrica</b>	Trasf. Isol.+Ip168+sep.optico
<b>Pannelli solari</b>	Solo separatore ottico sulla trasmissione
<b>Pannelli solari + GPRS</b>	Nessuna protezione
<b>Cella combustibile</b>	Solo separatore ottico sulla trasmissione

### **Implementazione della trasmissione del segnale sismico in tempo reale via GPRS (UR5)**

Da qualche mese, la trasmissione dei dati sismici in tempo reale via GPRS è stata utilizzata in via sperimentale in alcuni siti della Liguria occidentale e dell'Appennino settentrionale. I risultati dei *test* ad oggi effettuati hanno confermato che tale tipologia di trasmissione può essere considerata come una buona alternativa alla trasmissione satellitare (da considerarsi comunque la più "robusta") ove questa non sia possibile consentendo tra l'altro di minimizzare i costi relativi all'instradamento del segnale. Inoltre, nell'ottica di migliorare la "robustezza" di una rete sismica in corrispondenza di stazioni particolarmente importanti per il monitoraggio sismico dell'area, la trasmissione GPRS potrebbe essere utilizzata congiuntamente con altri sistemi di trasmissione come apparato alternativo di *backup* del sistema di trasmissione stesso.

La reale applicabilità del sistema di trasmissione via GPRS è stata oggetto di specifici studi mirati alla definizione di una configurazione ottimale (sia in termini di *hardware* che di *software*) degli apparati trasmissivi. Una criticità rilevata negli esperimenti fino ad adesso condotti in laboratorio e presso alcuni siti reali ha riguardato la ritrasmissione dei pacchetti persi poiché tali dati non venivano adeguatamente trattati dal sistema di trasmissione. Dopo un lungo periodo di *test* in laboratorio, *Figura 6*, è stato osservato che, in alcuni casi, il *router* UR5 dedicato alla trasmissione GPRS spegneva autonomamente la connessione radio con la cella, e di fatto non era più possibile riconnettersi da remoto agli apparati lasciando la stazione sismica isolata.



**Figura 6.** Test di laboratorio sul sistema *router* UR5 - *Taurus*.

Un'attività di sviluppo condotto in sinergia con il produttore del *router* UR5 ha portato alla realizzazione di un nuovo *firmware* (*release* 2.05 del 26 ottobre 2010) che sembrava risolvere parte dei problemi legati alla connessione con la cella ed alla ri-trasmissione dei dati. Sebbene il funzionamento sia risultato decisamente più robusto, in alcuni rari casi il sistema ripresentava il medesimo malfunzionamento.

Per ovviare in maniera definitiva a tale inconveniente, che di fatto preclude l'utilizzo affidabile del sistema GPRS, è stato sperimentato con successo l'accoppiamento del modem GPRS con un *modem* GSM PROTEX (*Figura 7*), alimentato in bassa tensione, dai consumi estremamente limitati e appositamente ideato per il controllo automatico di sistemi remoti.

Nel dettaglio, grazie a questo accorgimento, in caso di mancanza di trasferimento del segnale sismico da parte del *router* GPRS, l'invio di un sms al *modem* di controllo PROTEX produce lo spegnimento e successiva riaccensione del *router* con il riavvio di tutte le funzionalità e quindi la ritrasmissione dei dati persi.

Successivamente alla fase dei *test* in laboratorio si è proceduto all'installazione delle stazioni sismiche di Negi (codice NEGI) in Liguria occidentale e di Sassorosso (codice SARM) in Toscana settentrionale. Ad oggi la sperimentazione presso tali stazioni non ha rivelato alcuna problematica (nessuno spegnimento, nessuna perdita di segnale sismico, ri-trasmissione del segnale molto ridotta) e per tale motivo, anche se una verifica definitiva del sistema nel suo insieme si avrà solo in occasione di una reale crisi sismica, si ipotizza di estendere ad altre installazioni l'utilizzo di tale tipologia di instradamento del segnale sismico.



**Figura 7.** Modem GSM PROTEX per controllo remoto.

**Ringraziamenti.** Un sentito ringraziamento a tutti i *partner* nazionali ed internazionali che nel corso degli anni hanno collaborato con il personale del Laboratorio di Sismologia del Dip.Te.Ris. tra cui ricordiamo l'INGV, l'Osservatorio Sismologico Géoazur/CNRS e l'Eidgenössische Technische Hochschule di Zurigo. Un sentito ringraziamento ai nostri *partner* regionali ovvero la Regione Autonoma Valle d'Aosta (Assessorato Opere pubbliche, difesa del suolo e edilizia residenziale pubblica, Servizio Geologico), l'Agenzia Regionale per la Protezione Ambientale del Piemonte (ARPA Piemonte), la Regione Liguria (Dipartimento Ambiente, settore Protezione Civile ed emergenza) e la Regione Toscana (Settore Ufficio Tecnico del Genio Civile, Coordinamento Regionale Prevenzione Sismica) senza i quali il mantenimento e lo sviluppo della rete non sarebbe stato possibile.

## **Bibliografia**

- Eva C., Barani S., Careno G., De Ferrari R., Eva E., Ferretti G., Pasta M., Pavan M., Scafidi D., Solarino S., Spallarossa D., Turino C., Zunino E. (2010). 30 years of seismicity in the South-western Alps and Northern Apennines as recorded by the Regional Seismic network of Northwestern Italy. Proceedings of GNGTS 2010, Prato, Italy.
- Ferretti G., Morasca P., Scafidi D., Spallarossa D., Turino C. and Eva C (2008). Near real time and automatic capabilities of the renewed Regional Seismic Network of North-Western Italy (RSNI). Proceedings of 31st Assembly of the European Seismological Commission, ESC08, Hersonissos, Greece.
- Ferretti G., Spallarossa D., Pasta M., Scafidi D., Pavan M., Zunino E., Careno G., Barani S., De Ferrari R., Eva C. (2010). The Regional Seismic network of North-western Italy: the current station distribution and the actual seismic data acquisition, processing and dissemination systems. Proceedings of 32nd Assembly of the European Seismological Commission ESC10, Montpellier, France.
- Turino C., Morasca P., Ferretti G., Scafidi D. and Spallarossa D. (2010). Reliability of the automatic procedures for locating earthquakes in South Western Alps and Northern Apennines (Italy). Journal of Seismology, Vol. 14, n. 2, pp. 393-411.

## LA RETE SISMICA DELLA CALABRIA

Anna Gervasi<sup>1,2</sup> e Ignazio Guerra<sup>2</sup>

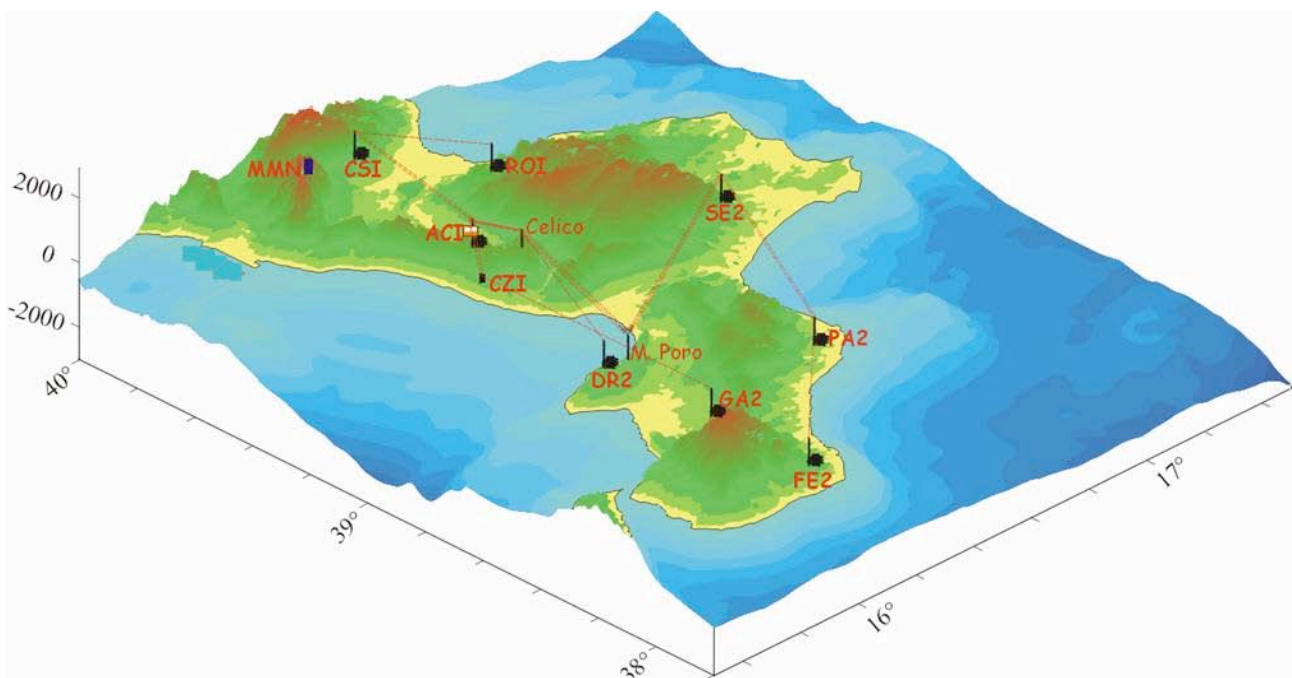
<sup>1</sup>*Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia, Centro Nazionale Terremoti*

<sup>2</sup>*Università della Calabria, Dipartimento di Fisica, Cosenza*

L'installazione e gestione di una rete di sismografi finalizzata al monitoraggio della sismicità della Calabria risale agli inizi degli anni '70, quando furono attribuiti come compiti prima all'IRPI-CNR e quindi al Dipartimento di Scienze della Terra dell'Università della Calabria (UniCal). Tuttavia le prime stazioni furono attivate solo a partire dal 1978, sostanzialmente nell'ambito del Progetto Finalizzato Geodinamica (PFG). La crescita della struttura fu rallentata dalla carenza di personale tecnico, problema che tuttora rappresenta una difficoltà e, dopo la chiusura del PFG, anche di risorse finanziarie. La strumentazione che era stata acquisita nelle fasi precedenti, integrata anche con un contributo concesso *una tantum* dalla Regione Calabria, portò alla realizzazione verso la metà degli anni '80 della rete rappresentata in *Figura 1*, nel periodo della sua massima espansione.

Si trattava di una rete analogica con sensori a sola componente verticale; la trasmissione dei segnali era centralizzata con una serie di ponti radio in FM mentre la memorizzazione dei dati veniva eseguita oltre che su *monitor* a carta, su supporto magnetico *Racall Geostore*, successivamente sostituito da *STORE14*. A partire dal 1992 i segnali sono stati registrati anche in forma digitale mediante un sistema *hardware/ software* che realizzava la conversione e l'elaborazione dei segnali analogici al loro arrivo alla stazione centrale localizzata nella sede dell'UniCal (stazione ACI).

Tale sistema (di cui è ancora operante una parte residuale) nel periodo di massimo sviluppo risultò composto da nove stazioni sismiche collegate tra loro con ponti radio per la trasmissione dei dati in tempo reale e centralizzate alla stazione di ACI ed una postazione (MMN) con sola registrazione locale (*Figura 1*).



**Figura 1.** Rete sismica analogica della Calabria



Con il passare del tempo questo sistema è andato progressivamente deteriorandosi sia per l'invecchiamento della strumentazione ma soprattutto per la drastica riduzione del personale addetto alla manutenzione, passato da 5 unità di personale tecnico e ausiliario disponibili nel 1995 a una soltanto nel 2003.

Nel 2003, il Gruppo di Geofisica UniCal (trasferitosi nel frattempo al Dipartimento di Fisica) fu coinvolto insieme all'INGV nella realizzazione del progetto CAT/SCAN, proposto dal *Lamont-Doherty Earth Observatory*<sup>1</sup>. In particolare esso si fece carico delle gestione delle 21 stazioni sismografiche installate sul territorio calabrese. Parte di queste stazioni furono tenute in funzione anche dopo la chiusura formale del progetto. Una delle ricadute di questa attività è stata la cessione a titolo di prestito a lungo termine da parte del consorzio IRIS di una serie di acquisitori sismici digitali, utilizzati per ammodernare la vecchia rete analogica. Si tratta di strumenti REF TEK 72A/07, tuttora validi anche se di gestione certamente più complessa del materiale di generazioni più recenti. Il loro punto debole è costituito dal sistema di registrazione su *Hard Disk SCSI*; tuttavia la loro autonomia di circa 4 mesi (con campionamento delle tre componenti a 100 Hz e *Hard Disk* da 4 Gb) li rende ancora convenientemente utilizzabili in registrazione locale.

Alcuni di questi strumenti sono stati installati in alcune postazioni utilizzate durante il progetto CAT/SCAN (es.: SIMO); in altri casi essi sono stati installati in siti tali da poter essere gestiti con sforzi relativamente poco intensi (MC22 e CUP2). In altri casi ancora essi sono stati attivati per valutare la qualità di siti che si intendono rendere permanenti nell'ambito di un progetto destinato a realizzare una rete sismica che dovrebbe coinvolgere una serie di scuole secondarie calabresi (Figura 2). In questo contesto, il Liceo Scientifico "G.B. Scorza" di Cosenza, aveva acquisito in proprio la strumentazione necessaria per attivare la stazione SCOI (sensore *Geotech KS-2000/edu* ed acquisitore *MiniTitan Agecodagis*).

Attualmente i siti in corso di valutazione sono BAGN, SAI2 e SMIN, mentre hanno già assunto una configurazione stabile MMN e LADO.

Per quest'ultima, il sensore è installato nel comune di S. Nicola dell'Alto, situato sull'ultimo affioramento verso est delle formazioni cristalline del Massiccio Silano. Il segnale sismico digitale viene inviato via Wi-Fi all'Istituto Onnicomprensivo di Strongoli (KR), che aveva aderito al progetto quando ancora era una sezione

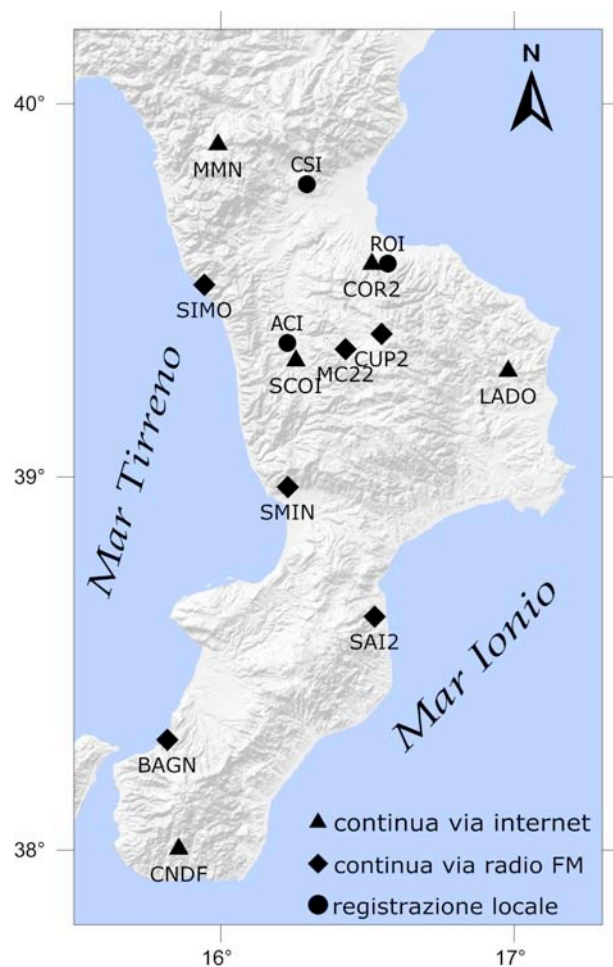
staccata del Liceo Scientifico di Cirò, ed immesso nella rete *internet* per il trasferimento alla centrale di registrazione.

Un sistema analogo viene utilizzato a Mormanno, dove l'immissione in rete avviene nella sede del locale Municipio.

Stante la necessità di migliorare la copertura della RSN dell'INGV [vedi Delladio, 2011 - in questo volume] con punti di rilevamento nell'area del Pollino e lungo la costa orientale della Calabria settentrionale, l'INGV ha fornito la strumentazione (sensore ed acquisitore tipo GAIA2) compatibile con il resto della strumentazione INGV. Le due postazioni MMN e LADO figurano infatti tra i punti di rilevamento della RSN.

Per altre tre stazioni sono in corso contatti con l'INGV per ulteriori integrazioni della RSN. Si tratta di SMIN, CNDF e COR2.

A SMIN al momento è in funzione un acquisitore REF TEK 72/07 con sensore *Lennartz 3D/1Hz*.



**Figura 2.** Attuale configurazione della rete sismica della Calabria.

<sup>1</sup> <http://www.ldeo.columbia.edu/res/pi/catscan/index.html>

CNDF è stata attivata nell'estate 2010 nella sede storica del municipio di Condofuri (RC) su invito della locale amministrazione comunale, con la quale si era instaurata una fattiva collaborazione.

In ordine di tempo, l'ultima stazione attivata nel luglio 2010 è quella di COR2 nel comune di Corigliano Calabro, nell'ottica di sostituire la postazione di ROI funzionante ancora con il primitivo sistema analogico/digitale, mediante ponte radio a Cassano Jonio (CSI). Anche per COR2 è prevedibile il trasferimento dei segnali alla sala sismica dell'INGV, da realizzare a breve. In questo caso il sensore è stato sistemato in una posizione isolata ed adeguata allo scopo ed il segnale digitale viene immesso in rete dopo trasmissione Wi-Fi al Municipio.

Stante il crescente rilievo che stanno assumendo le osservazioni geodetiche, che sempre più spesso si accompagnano a quelle sismografiche, sembra opportuno segnalare che la collaborazione con il *Lamont Observatory* ha portato nel 2006 all'installazione di nove stazioni GPS, tuttora attive, lungo un profilo che attraversa la Calabria settentrionale dal Mar Tirreno (Cetraro) allo Ionio (Crotona) in direzione WNW-ESE. Questo *array* lineare fisso si aggiunge alla rete di caposaldi GPS realizzata nel 2006 per osservazioni periodiche temporanee nel tratto di Arco Calabro che va dalla Sila meridionale alla Piana di Gioia Tauro.

In effetti, gli interessi culturali del Gruppo di Geofisica UniCal abbracciano diversi aspetti del monitoraggio geofisico. Ci si augura di poter continuare a curarli in modo da fornire una base sperimentale adeguata a favorire la ricerca sulla geodinamica di un territorio dalle caratteristiche tanto particolari come quello calabrese.

## LA RETE SISMICA MOBILE DEL CNT E LA CO.RE.MO.

Milena Moretti<sup>1</sup> e Aladino Govoni<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup>*Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia, Centro Nazionale Terremoti*

<sup>2</sup>*Istituto Nazionale di Oceanografia e di Geofisica Sperimentale - OGS, Centro di Ricerche Sismologiche*

Il CNT è la Sezione dell'INGV preposta al monitoraggio sismico del territorio italiano garantito attraverso la gestione e la manutenzione della RSN in collaborazione con le altre sedi dell'INGV dislocate sul territorio e con vari referenti locali [vedi Delladio, 2011 - in questo volume]. Competenza del CNT è anche la rete sismica euro-mediterranea (*MedNet*<sup>1</sup>): una rete di stazioni sismiche a larga banda dislocate nei Paesi che circondano il Mediterraneo in condivisione con molti istituti geofisici [Olivieri et al., 2009].

Negli ultimi anni le reti sismiche sono cresciute sia come numero di stazioni che come tecnologia, consentendo di controllare in maniera estesa lo spettro di frequenze emesse dalla sorgente sismica e la ciclicità delle strutture sismogenetiche. Tale implementazione geografica e tecnologica della RSN ha permesso di abbassare notevolmente la soglia media di detezione dei terremoti [Schorlemmer, D. et al., 2009] e di migliorare la qualità delle localizzazioni consentendo così di associare la microsismicità a molte importanti strutture sismogenetiche. Non è tuttavia ragionevole, economicamente e tecnicamente, attuare tale processo di densificazione in maniera omogenea su tutto il territorio nazionale. In taluni casi, diventa così necessario far ricorso all'uso di reti sismiche temporanee le quali, integrate alle reti permanenti già operanti nel territorio, consentono un'acquisizione di dati sismologici di alta qualità e dettaglio.

Personale specializzato nella gestione di reti sismiche temporanee è presente in diverse sedi dell'INGV all'interno di strutture preparate e specializzate nell'ambito degli argomenti di ricerca specifici della Sezione di appartenenza. Ogni struttura lavora in piena autonomia sul territorio di competenza ma numerose sono le circostanze che le hanno viste e che le vedono continuamente collaborare in buona sinergia e con ottimi risultati sia in esperimenti sismici nell'ambito di progetti di ricerca programmati che in occasioni di emergenze sismiche. Caso esemplare è stata la lunga emergenza sismica seguita al terremoto che il 6 aprile 2009 ha colpito il capoluogo abruzzese [Margheriti et al., 2010].

Viene qui presentata l'attività e l'organizzazione della Rete Sismica Mobile del CNT (RSM-CNT).

### La storia

La Rete Sismica Mobile nasce nei primi anni 70 finalizzata all'acquisizione di dati sismologici in area epicentrale a seguito di un forte evento sismico. La realizzazione del laboratorio mobile, agli inizi del 1990, ha rappresentato un momento topico nella sua storia (*Figura 1*). Esso aveva infatti la possibilità di collegare in telemetria UHF fino ad un massimo di 10 stazioni sismiche remote. Per la prima volta i dati erano acquisiti in *real-time* e centralizzati al laboratorio mobile situato in area epicentrale. Questo ha significato per oltre un decennio, un fondamentale miglioramento del monitoraggio locale in un'epoca in cui la RSN era ancora limitata [Govoni et al., 2008; Moretti et al., 2010b].



**Figura 1.** Il laboratorio mobile di acquisizione delle stazioni in telemetria realizzata nel 1989-90 e utilizzato per la prima volta durante il terremoto di Potenza del 5 maggio 1990 ( $M_L=5.4$ ).

Da allora i notevoli progressi tecnologici e logistici hanno reso la struttura sempre più robusta ed estremamente flessibile in modo da poter essere impiegata in qualsiasi scenario di crisi sismica e vulcanica in tutto il territorio nazionale. Oggi la RSM-CNT è ripetutamente impegnata in esperimenti

<sup>1</sup> <http://mednet.rm.ingv.it/>

sismici realizzati nell'ambito di progetti di ricerca ma è, contestualmente, sempre pronta per eventuali interventi di emergenza (in genere per terremoti di  $M_L \geq 5.0$ ). Affinché tali numerose attività siano sempre realizzabili, negli ultimi anni è stato necessario definire una formale organizzazione della struttura, qui di seguito descritta.

### Gli esperimenti sismici

L'attività principale della RSM-CNT è l'acquisizione in locale di dati sismologici realizzata nell'ambito di progetti di ricerca finalizzati allo studio di aree sismiche di particolare interesse scientifico là dove la RSN è tuttora insufficiente allo scopo o dove un'acquisizione di alta qualità e dettaglio consente uno studio specifico di faglie e vulcani, della struttura litosferica o della risposta di sito.

Tutte le attività della RSM-CNT sono possibili grazie alla considerevole disponibilità di strumentazione, di mezzi e di personale dedicato. Tuttavia, per far fronte alle numerose richieste di strumentazione da parte di diversi gruppi di ricerca, è stata necessaria una pianificazione più puntuale dell'uso del parco strumentale. Nel 2007 è stata così istituita la COMmissione REte sismica MObile (CO.RE.MO.<sup>2</sup>) la quale "raccolge ed esamina le richieste<sup>3</sup> di assegnazione della strumentazione in dotazione presso la RSM per esperimenti scientifici di durata limitata" (come da decreto N°4.07 del 30/10/2007).

### Le emergenze sismiche

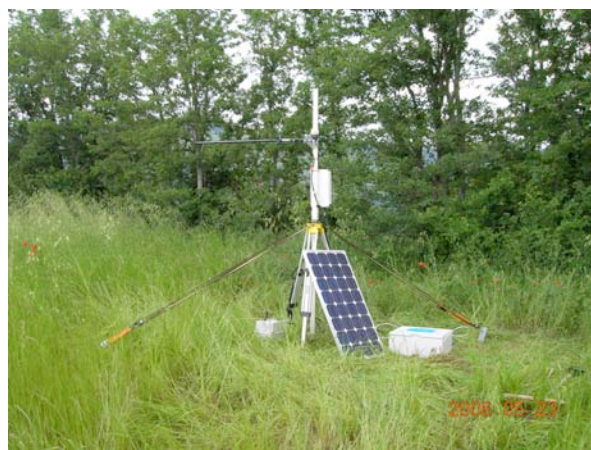
Parallelamente molta attenzione è rivolta alla manutenzione ed al costante sviluppo della nuova struttura di Pronto Intervento, ovvero quella parte di RSM-CNT dedicata alle emergenze sismiche, progettata dopo la sequenza sismica seguita al terremoto che il 31 ottobre 2001 colpì la regione molisana, per sostituire l'ormai vetusto laboratorio mobile [Govoni et al., 2008].

Il Pronto Intervento è costituito da tre organismi autonomi, ma nello stesso tempo facilmente integrabili a seconda dello scenario che di volta in volta si presenta. Attraverso la Re.Mo., ovvero la RSM-CNT principalmente *stand-alone* [Moretti et al., 2010b; *Figura 2*], e la Re.Mo.Tel., ovvero la RSM-CNT in telemetria satellitare [Abruzzese et al., 2011 e in questo volume; *Figura 3*], viene garantito il miglioramento della geometria delle

reti sismiche permanenti presenti nell'area colpita dal terremoto per un monitoraggio di dettaglio dell'evoluzione spazio-temporale della sismicità.



**Figura 2.** Re.Mo.: esempio di installazione di una stazione sismica *stand-alone*.



**Figura 3.** Re.Mo.Tel.: esempio di installazione di una stazione sismica in telemetria satellitare.

L'allestimento del COES [Moretti et al., 2010a; 2011] garantisce un supporto tecnico, logistico, scientifico ed informativo ai colleghi dell'INGV ed agli operatori del soccorso impegnati nell'emergenza, ai dipendenti delle amministrazioni locali e degli uffici pubblici ed alla popolazione colpita dall'evento (*Figura 4*).

### La strumentazione

I digitalizzatori in uso presso la RSM-CNT sono essenzialmente del tipo REF TEK modello 130-1 che dal 2002 ha progressivamente sostituito il

<sup>2</sup> <http://coremo.rm.ingv.it/>

<sup>3</sup> <http://intranet.rm.ingv.it/?q=node/104>

modello 72A, ed un numero ridotto di *Nanometrics* modello *Taurus* (Figura 5).



**Figura 4.** Il COES è dotato di una tenda a montaggio rapido (6x6m) attrezzata ed organizzata in modo da poter ospitare in completa autonomia il presidio INGV in area epicentrale.

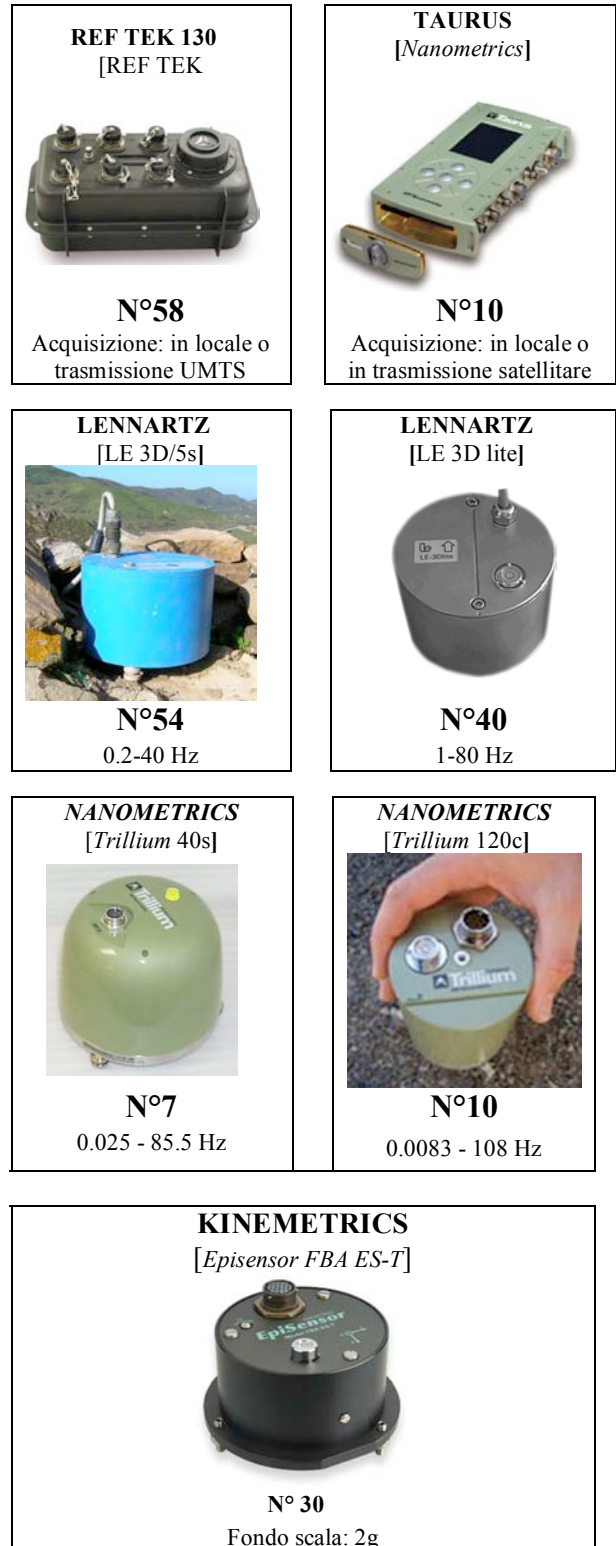
I sensori, sia velocimetri che accelerometri, spaziano dal corto periodo al larga banda (Figura 5) [Moretti et al., 2010b].

In genere le stazioni sono alimentate con impianti composti da pannelli fotovoltaici e batterie tampone che consentono una lunga autonomia di funzionamento. Quando possibile, la stazione può essere alimentata a corrente di rete mantenendo sempre la batteria in tampone. L'acquisizione avviene in locale (registrando i dati in continuo su *memory cards*) o in trasmissione radio-satellitare. Per migliorare l'utilità delle installazioni *stand-alone*, anche ai fini del monitoraggio in tempo reale, è stato recentemente sviluppato un sistema di trasmissione dati basato sulla rete UMTS. Questo approccio permette una estrema rapidità di installazione e messa in rete della stazione sismica poiché l'infrastruttura di comunicazione è già presente sul territorio, tuttavia è molto dipendente dalla disponibilità del segnale e dall'affidabilità dello stesso in particolar modo durante una sequenza sismica rilevante.

### I dati

Nell'ambito del progetto "Messina 1908-2008", promosso dal CNT e co-finanziato dal Dipartimento della Protezione Civile in concomitanza col centenario del terremoto che il 28 dicembre 1908 colpì lo Stretto di Messina [Magheriti et al., 2008a, 2008b; Moretti et al., 2010c], è stato sviluppato il prototipo dell'Archivio Dati Sismologico Integrato in

cui i dati in continuo delle stazioni sismiche temporanee confluiscono nell'archivio dati del sistema di acquisizione della RSN [Moretti et al. 2010c; 2010d].



**Figura 5.** Strumentazione in uso presso la RSM - CNT.

Il progetto dell'archivio ha mostrato la sua potenzialità durante l'emergenza "L'Aquila 2009" dove, a seguito del sisma del 6 aprile, sono state installate più di 30 stazioni temporanee che hanno permesso lo studio in tempo quasi-reale dell'evoluzione della sismicità dell'area [Chiarabba et al., 2009; Margheriti et al., 2010].

L'archivio è un ulteriore sviluppo di un'iniziativa più ampia denominata EIDA (*European Integrated Data Archive, Progetto NERIES*<sup>4</sup>) che utilizza il protocollo *ArcLink* (sviluppato dal Gruppo *Geofon*, GFZ) per rendere accessibili tutti i dati sismologici alla comunità scientifica attraverso un unico portale in formato *standard* [vedi Mazza et al., 2011b - in questo volume]. I dati, reperibili attraverso il portale EIDA<sup>5</sup>, sono forniti in formato SEED (*Standard for the Exchange of Earthquake Data*) ed organizzati secondo le specifiche adottate dalla RSN dell'INGV.

Oggi l'Archivio Dati Sismologico Integrato è una realtà consolidata ed è già stato adottato per gli esperimenti e le emergenze in corso. Nel contempo, ha preso corpo l'ambizioso progetto di recupero dei dati sismologici acquisiti durante le precedenti campagne sismiche, anche se in alcuni casi frequenti sono le difficoltà nel reperire importanti informazioni dei parametri strumentali.

**Ringraziamenti.** Il presente *abstract* è la sintesi del lavoro di numerosi tecnici, tecnologi e ricercatori che da diversi anni, con professionalità e rinnovata passione, rendono possibili lo sviluppo e le attività della RSM e del Pronto Intervento.

Impossibile citare tutte le persone che hanno prestato nel passato e quelle che ancora oggi danno il loro prezioso ed entusiastico contributo. Quindi i più sinceri ringraziamenti a tutti loro.

## Bibliografia

Abruzzese L., De Luca G., Cattaneo M., Cecere G., Cardinale V., Castagnozzi A., D'Ambrosio C., Delladio A., Demartin M., Falco L., Franceschi D., Govoni A., Memmolo A., Migliari F., Minichiello F., Moretti M., Moschillo R., Pignone M., Selvaggi G., Zarrilli L. (2011). La Rete sismica Mobile in telemetria satellitare (Re.Mo.Tel.). Rapporti Tecnici INGV N° 177.

Chiarabba, C. et al. (2009). The 2009 L'Aquila (central Italy) Mw 6.3 earthquake: Main shock and aftershocks, *Geophys. Res. Lett.*, 36, No. 18, L18308, <http://dx.doi.org/10.1029/2009GL039627>.

Govoni A., Abruzzese L., Amato A., Basili A., Cattaneo M., Chiarabba C., Delladio A., Monachesi G., Moretti M., Selvaggi G., Boschi E. (2008). Sequenze sismiche: La nuova struttura di Pronto Intervento dell'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia, 27° Convegno Nazionale GNGTS - Trieste 6-8 ottobre 2008 - Poster.

Margheriti M., et al. (2010). Emergenza "Aquila2009": La campagna di acquisizione dati della Rete Sismica Mobile stand-alone del Centro Nazionale Terremoti. Rapporti Tecnici INGV N°151.

Margheriti L., D'Anna G., Selvaggi G., Patané D., Moretti M., Govoni A., (2008a). Alla ricerca di nuovi dati sulla relazione tra subduzione e cinematica crostale nell'arco Calabro- Peloritano. Capitolo del volume "Il terremoto e il maremoto del 28 dicembre 1908" Editors: Bertolaso G., Boschi E., Valensise G., Guidoboni E.. Dec-2008 Publisher: SGA.

Margheriti, L. and Messina 1908-2008 team (2008b). Understanding crust dynamics and subduction in southern Italy, *Eos Trans. AGU*, 89(25), 225-226.

Mele F., Castello B., Marchetti M., Marcocci C., Moro R. e Riposati D. (2007). ISIDe, Italian Seismological Instrumental and parametric Data-base una pagina web per interrogare il Bollettino Sismico Italiano. 26° Convegno Nazionale GNGTS - Roma 13-15 Novembre 2007.

Moretti M., Govoni A., Basili A., Amato A., Doumaz F., Vinci S. e Selvaggi G. (2010a). Progettazione e realizzazione del Centro Operativa Emergenza Sismica (COES). Rapporti Tecnici INGV N°172.

Moretti M., Govoni A., Colasanti G., Silvestri M., Giandomenico E., Silvestri S., Criscuoli F., Giovani L., Basili A., Chiarabba C. e Delladio A. (2010b). La Rete Sismica Mobile del Centro Nazionale Terremoti. Rapporti Tecnici INGV N°137.

Moretti M. et al (2010c). "Messina 1908-2008" Progetto di ricerca integrato sull'area Calabro - Peloritana: l'esperimento di sismica passiva". Quaderni di Geofisica N°84.

Moretti M., Govoni A., Lauciani V., Mandiello A.G., Marcocci C., Margheriti L., Mazza S., Pintore S. (2010d). Il nuovo archivio dati sismologico integrato dell'INGV per gli esperimenti sismici temporanei. 29° Convegno Nazionale GNGTS - Prato 26-28 ottobre 2010.

Moretti M., Nostro C., Govoni A., Pignone M., La Longa F., Crescimbeni M. e Selvaggi G. (2011). L'intervento del Centro Operativo Emergenza Sismica in occasione del terremoto del 2009 a L'Aquila. Quaderni di Geofisica N°92.

Olivieri M., Bucci A., Casale P., Delladio A., Lauciani V., Mandiello A., Mazza S., Perfetti M., Pintore S., Quintiliani M., Scognamiglio L., Tozzi M. (2009). MedNet Network: 2008 Status Report. Rapporti Tecnici INGV N°96.

Schorlemmer D., Mele F. and Marzocchi W. (2009). A completeness analysis of the National Seismic Network of Italy, *J. Geophys. Res.*, 115, B04308, doi:10.1029/2008JB006097.

<sup>4</sup> <http://www.neries-eu.org>

<sup>5</sup> <http://eida.rm.ingv.it/>

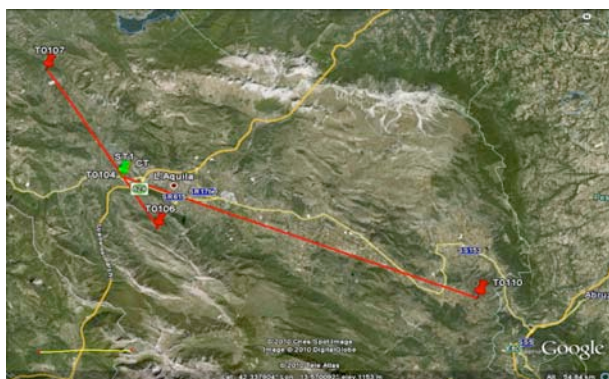
## RE.MO.TEL.: L'ESPERIENZA DURANTE L'EMERGENZA "L'AQUILA 2009"

Luigi Abruzzese, Gianpaolo Cecere, Giovanni De Luca, Luigi Zarrilli

*Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia, Centro Nazionale Terremoti*

In seguito al terremoto che il 6 Aprile 2009 ha colpito la città de L'Aquila (1.32 UTC,  $M_w$  6.3 - Margheriti et al., 2010) la Re.Mo.Tel. [Abruzzese et al., 2011] è intervenuta installando N° 9 stazioni in area epicentrale, in un raggio di circa 30 Km dal capoluogo abruzzese.

Successivamente, dato il susseguirsi degli *aftershocks*, è stato approvato, nell'ambito dei Progetti Sismologici della convenzione 2007-2009 tra il Dipartimento della Protezione Civile e l'INGV (*Integration to Project S5 "High-resolution multi-disciplinary monitoring of active fault test-site areas in Italy" Test site "L'Aquila"*<sup>1</sup>), un *Task* che mirava a stabilizzare 4 di tali stazioni sismiche per il periodo 2009-2010 (*Figura 1*).



**Figura 1.** Disposizione geografica delle stazioni T0104, T0106, T0107 e T0110 stabilizzate nell'ambito del *Project S5*.

Il consolidamento delle stazioni si è reso necessario in quanto l'installazione è avvenuta nelle ore successive al *mainshock*, di conseguenza nessuna delle strutture era stata concepita per durare un periodo di tempo così lungo [Abruzzese et al., 2011]. Nello specifico, tutte le antenne sono state installate su pali in acciaio che hanno sostituito le precedenti paliere in alluminio. Inoltre i moduli fotovoltaici sono stati installati, tramite apposite staffe, alla sommità del palo stesso, in

modo da garantire una esposizione ottimale durante il periodo invernale oltre che una protezione contro eventuali furti (*Figura 2*).



**Figura 2.** Il sottonodo dopo l'esecuzione dei lavori di consolidamento.



**Figura 3.** Il centro stella con l'impianto di alimentazione su paliere ed il recinto in abete.

<sup>1</sup> <http://dpc-s5.rm.ingv.it/it/AquilaFaultSystem.html>

È stata anche installata una recinzione in pali di abete, per garantire una protezione da animali selvatici, come per esempio i cinghiali (*Figura 3*). Ad oggi le stazioni sono ancora perfettamente funzionanti, anche se vi è un piano di dismissione legato alla fine del progetto.

### **Bibliografia**

- Abruzzese L., De Luca G., Cattaneo M., Cecere G., Cardinale V., Castagnozzi A., D'Ambrosio C., Delladio A., Demartin M., Falco L., Franceschi D., Govoni A., F. A., Migliari Franco, (Re.Mo.Tel).  
Rapporti Tecnici INGV N°177.
- Margheriti M., et al. (2010). Emergenza "Aquila2009":  
La campagna di acquisizione dati della Rete Sismica Mobile stand-alone del Centro Nazionale Terremoti.  
Rapporti Tecnici INGV N°151.



## 2001-2011: DIECI ANNI DI ATTIVITÀ DELLA RETE SISMICA MOBILE DELLA SEZIONE DI CATANIA

Luciano Zuccarello<sup>1</sup>, Alfio Messina<sup>1,2</sup>, Salvatore Rapisarda<sup>1</sup>, Pier Raffaele Platania<sup>3</sup>,  
Giampiero Aiesi<sup>1</sup>, Pasqualino Cappuccio<sup>1</sup>, Danilo Contrafatto<sup>1</sup>, Graziano Larocca<sup>1</sup>,  
Marco Manni<sup>1</sup>, Marco Sassano<sup>1</sup>, Luciano Scuderi<sup>1</sup>

<sup>1</sup>*Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia, Sezione di Catania – Osservatorio Etno*

<sup>2</sup>*Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia, Sezione Roma 2 - Geomagnetismo, Aeronomia e Geofisica Ambientale*

<sup>3</sup>*Istituto Nazionale di Astrofisica, Sezione di Noto*

### Introduzione

I diversi scenari di crisi verificatisi sul territorio nazionale hanno evidenziato come sia fondamentale l'avvalersi di strumenti di monitoraggio capaci di dare una risposta rapida ed efficace ad ogni tipo di intervento richiesto. Da questa esigenza nasce la necessità di creare strutture di pronto intervento, le reti sismiche mobili, capaci di fornire la flessibilità necessaria per operare negli scenari di crisi. Già a partire dalla seconda metà degli anni '90 l'ex Istituto Internazionale di Vulcanologia disponeva di una Rete Sismica Mobile (RSM). Dalla nascita dell'attuale INGV nel 2001 ad oggi vi è stata un'evoluzione della strumentazione tale da rendere obsoleti alcuni sistemi e quindi necessaria la loro sostituzione.

La strumentazione in forza alla RSM della Sezione di Catania è da anni impiegata in diverse attività, quali: (i) monitoraggio sismico; (ii) progetti scientifici nazionali ed internazionali; (iii) studi sulle risposte di sito (es. Progetto Sicilia); (iv) studio dei condotti superficiali dei vulcani attivi; (v) studio di particolari strutture sismogenetiche.

### La RSM

Dal 2001 ad oggi, il gruppo RSM di Catania ha portato avanti un continuo lavoro di sviluppo e rinnovamento tecnologico della strumentazione adoperata. Ciò ha comportato anche l'ammodernamento delle proprie stazioni di acquisizione. In particolare dal 2001 al 2006 si è passati da un parco strumentale costituito da stazioni *Lennartz* modello *Encoder PCM 5800*<sup>1</sup>, a stazioni, ancora *Lennartz*, modello *M24 Compact/LP*. Nel corso del 2006, le strumentazioni di cui era dotata la RSM della Sezione di Catania, sono state completamente rinnovate, passando

dalle stazioni *Lennartz* ai più moderni sistemi portatili *Nanometrics Taurus*<sup>2</sup>, in grado di operare sia in *stand-alone*, che attraverso sistemi di trasmissione *wireless* o satellitari (*Figura 1*).



**Figura 1.** L'acquisitore *Nanometrics Taurus*.

Questo ha in primo luogo permesso di superare i problemi di affidabilità delle stazioni *Lennartz M24 Compact/LP*, riscontrati durante le diverse campagne di acquisizione in campo nazionale ed internazionale. Inoltre è stato possibile minimizzare le problematiche legate alla compatibilità ed all'integrazione della rete mobile con la rete permanente gestita dall'Unità Funzionale Sismologia della Sezione di Catania [vedi Di Prima et. al., 2011 - in questo volume], anch'essa basata su tecnologia *Nanometrics*. Durante questi anni nelle diverse attività di campagna, il gruppo RSM ha potuto valutare i pregi e i difetti di questa strumentazione. Sicuramente tra i pregi vanno annoverati: (i) la facilità di gestione delle stazioni, grazie anche ad alcuni accorgimenti tecnologici assenti nei precedenti modelli utilizzati, come la presenza di un *display* per il controllo delle configurazioni e dello stato della stazione; (ii) i consumi piuttosto

<sup>1</sup> <http://www.lennartz-electronic.de>

<sup>2</sup> <http://www.nanometrics.ca>

contenuti; (iii) la compatibilità con la RSP della Sezione di Catania. Vanno tuttavia evidenziati alcuni difetti quali: (i) la non affidabilità del supporto di memoria *Hard Disk* da 1.8", il cui utilizzo è stato evitato in favore di supporti di tipo *Compact Flash*; (ii) l'assoluta incompatibilità della nuova versione V3 del *software*, con il *filesystem* dei supporti removibili utilizzato dalla versione V2 del *software* stesso; (iii) il *software* una volta aggiornato non permette di ritornare alle versioni precedenti; (iv) la funzionalità della porta seriale è stata ridotta nelle ultime versioni del *software*. Ad ogni modo facendo un bilancio tra gli aspetti negativi e quelli positivi, possiamo confermare l'alta qualità di queste stazioni. Per quanto riguarda la scelta dei sensori, il gruppo RSM ha optato per tre differenti tipologie di sensori: i sismometri *Lennartz LE-3D/20s* e i sismometri *Nanometrics Trillium 120s* serie P e *Compact*. La scelta degli *extended band LE-3D/20s* è stata dettata dalla necessità di utilizzare sismometri robusti, che si stabilizzassero in poco tempo, e soprattutto maneggevoli in fase di trasporto ed installazione. Il successivo acquisto dei sismometri *Nanometrics Trillium Compact 120s* e P, ha permesso di ampliare notevolmente la capacità di registrazione di diverse tipologie di segnali sismici, dato il *range* dinamico più ampio di tali sensori e la maggiore banda passante (fino a 120 secondi). Ad ogni modo, tutti questi sismometri risultano essere un buon compromesso tra praticità di installazione e qualità del dato registrato.

Attualmente il parco strumenti è costituito da 11 stazioni digitali *Nanometrics Taurus* equipaggiate con sismometri *extended band* o *broadband* a tre componenti *Lennartz* e *Nanometrics*.

### Sviluppo tecnologico

Il gruppo RSM di Catania, durante questi anni di attività, si è prefisso come obiettivo quello di sviluppare diverse soluzioni per rendere la rete sismica mobile uno strumento estremamente flessibile e nel contempo robusto da utilizzare in qualsiasi scenario di crisi sismica e vulcanica in tutto il territorio nazionale. A tale scopo sono state tenute in considerazione le seguenti caratteristiche: (i) trasportabilità, semplicità nell'installazione e leggerezza della strumentazione da installare; (ii) efficienza energetica della strumentazione; (iii) condivisione efficace delle informazioni e dei dati registrati dalla RSM, con gli altri gruppi di ricerca. Per soddisfare i tre punti sopra indicati, il gruppo ha progettato e sviluppato diverse soluzioni. Per quanto riguarda le prime due problematiche, il gruppo RSM

di Catania ha approntato delle valigette Peli<sup>3</sup> ricavando al loro interno diversi scomparti per contenere la strumentazione necessaria. In tal modo, si semplifica sia il trasporto, che diventa molto agevole, sia l'installazione, attraverso appositi connettori di cui la valigetta è dotata che rendono possibili le connessioni al sistema di alimentazione a pannelli fotovoltaici, opportunamente dimensionato (Figura 2).



**Figura 2.** Esempio di installazione di una stazione sismica mobile, e relativo sistema di alimentazione.

L'incremento delle attività della RSM ha inoltre fatto maturare l'esigenza di uno strumento capace di archiviare le informazioni relative all'attività della rete nel tempo, in una forma più strutturata e di rapida consultazione. A tale scopo il gruppo ha creato un *Relational DataBase Management System* (RDBMS) che permette di archiviare tutte le informazioni, sia spaziali che temporali, relative alle varie stazioni [Montalto et al. 2009]. Questo ha permesso la condivisione, in maniera rapida e precisa, delle attività e delle informazioni tecniche della rete mobile con gli altri gruppi di ricerca della sezione. Infine, dal 2009 è stata sperimentata la trasmissione dei dati attraverso la rete *wireless* dell'Etna e dello Stromboli, utilizzando degli *access point* programmabili. Grazie anche al coinvolgimento dei colleghi della RSM-CNT di Roma, attualmente alcune stazioni mobili sono state equipaggiate di radio tipo Nebula N2458 1.3x Mesh AP, per poter passare da una acquisizione del dato *off line*, ad una in *real time*. Questo ci consentirà di poter trasmettere i segnali registrati direttamente al sistema centrale di

<sup>3</sup> <http://www.peli.com/>

acquisizione, dove vengono operate opportune conversioni dal formato originale *Nanometrics* ad uno *standard* (es. SEED, SAC) per renderli utilizzabili, ad esempio, nelle localizzazioni in caso di crisi sismiche.

### Impieghi della RSM

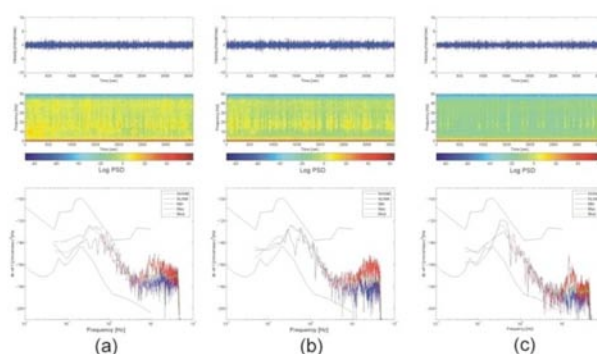
Il gruppo RSM di Catania è stato coinvolto (e lo è tuttora) in diversi interventi di emergenza ed in diversi progetti scientifici, sia in campo nazionale che in campo internazionale.

Dal 2002 la RSM ha partecipato attivamente a diverse campagne di acquisizione di sismica passiva ed attiva, condotte in diversi continenti: (i) progetto *e-Ruption* - Isola di *Sao Miguel* (Azzorre); (ii) progetto TOMODEC - Isola di *Deception* (Antartide); (iii) progetti HISS e TOMTEIDEVS - *Teide*, Isola di Tenerife (Canarie); (iv) progetto sponsorizzato da *SFI* e *RFP* - vulcano *Turrialba* (Costa Rica); (v) progetti VOLUME e DPC - vulcani Etna, Stromboli e Vulcano (Italia); (vi) progetto “Messina 1908-2008” - area del messinese e Calabria (Italia) [Moretti et al., 2010]. Per quanto riguarda l’attività di monitoraggio, la RSM è stata impiegata durante alcune crisi sismiche avvenute in diverse aree della Sicilia e in Abruzzo (terremoto dell’Aquila). Nel caso specifico “dell’emergenza Abruzzo”, per la prima volta la rete sismica mobile, in forza a questa sezione, ha partecipato attivamente ad una emergenza nazionale [Margheriti et al., 2010]. Le stazioni mobili sono anche state utilizzate per il monitoraggio sismico durante le diverse eruzioni dell’Etna e dello Stromboli.

Inoltre sono stati sviluppati, dal gruppo RSM, diversi progetti per la realizzazione di *array* sismici, e di stazioni multiparametriche utilizzando un unico digitalizzatore *Taurus*. Attraverso la realizzazione di opportuni box d’interfaccia, la stazione *Nanometrics Taurus* è stata connessa a sensori di diversa natura: sismici, infrasonici, radiometrici e gravimetrici.

Infine, durante questi anni, la RSM è stata utilizzata per la valutazione della qualità del segnale sismico registrato presso i siti ritenuti potenzialmente idonei al posizionamento di stazioni sismiche permanenti, nell’ambito del potenziamento relativo al “Progetto Sicilia”. Al fine di ottenere maggiori informazioni riguardo la rumorosità e l’eventuale presenza di effetti di sito, la durata delle registrazioni di *noise* ambientale in ciascun sito si è di norma protratta per due o più giorni. In tal modo è stato possibile evidenziare eventuali fluttuazioni del livello spettrale,

essenzialmente legate ad attività antropica. Viene così analizzato lo spettro del segnale registrato dalla componente verticale del moto del suolo (Figura 3). Gli spettri, calcolati sul segnale corrispondente a diverse fasce orarie e definiti nel loro livello massimo, medio e minimo, vengono confrontati ai modelli di *noise* definiti da Peterson [1993]: NLNM (*New Low Noise Model*) e NHNM (*New High Noise Model*). Per quanto riguarda gli effetti di sito, essi sono studiati mediante l’applicazione della tecnica di Nakamura [1989], basata sul metodo dei rapporti spettrali tra le componenti orizzontali e quella verticale del moto del suolo (H/V).



**Figura 3.** Esempio di registrazione sismica della componente verticale del moto del suolo (alto); spettrogramma PSD (centro) e confronto con i modelli di noise (basso).

### Conclusioni e prospettive future

Il lavoro svolto in questi anni dal gruppo RSM della Sezione di Catania, è stato finalizzato principalmente alla ricerca di soluzioni per rendere più efficiente la gestione della rete mobile, migliorando l’integrazione dei dati acquisiti con i sistemi *hardware* e *software* attualmente in uso presso la Sezione di Catania. Con lo sviluppo tecnologico portato avanti durante questi anni, sono stati superati alcuni limiti progettuali della strumentazione in uso. Grazie all’esperienza maturata in questi dieci anni di attività, la scelta della strumentazione attualmente utilizzata è considerata dal gruppo RSM, la più efficiente per gli scopi prefissati. In ottica futura, il gruppo sta portando avanti diversi *test* sui sistemi di trasmissione *wireless*, e su un *software* per la visualizzazione dei dati, allo scopo di permettere un monitoraggio in *real-time*.

La RSM della Sezione di Catania, in più occasioni, ha collaborato in buona sinergia con le altre unità di RSM presenti nelle altre sedi e Sezioni dell'INGV. Per il futuro ci si augura una sempre maggiore integrazione. Allo scopo, si ritiene essenziale lo scambio di opinioni, di esperienze ed idee sulla strumentazione in dotazione e sulle soluzioni tecniche adoperate dai diversi gruppi.

**Ringraziamenti.** Un sentito ringraziamento va a Daniele Carbone, Antonio Scaltrito, Luciano Scarfi e Ferruccio Ferrari per il supporto tecnico-scientifico durante lo svolgimento delle diverse attività della RSM.

## **Bibliografia**

- Margheriti M., et al. (2010). Emergenza “Aquila2009”: La campagna di acquisizione dati della Rete Sismica Mobile stand-alone del Centro Nazionale Terremoti. Rapporti Tecnici INGV N°15.
- Montalto P., Aliotta M., Zuccarello L., Rapisarda S., Cannata A., Messina A. (2009). Software applicativo per la gestione delle stazioni della rete sismica mobile in dotazione all'istituto nazionale di geofisica e vulcanologia - sezione di Catania. Rapporti Tecnici INGV, N°114.
- Moretti M. et al (2010). “Messina 1908-2008” Progetto di ricerca integrato sull'area Calabro - Peloritana: l'esperimento di sismica passiva”. Quaderni di Geofisica INGV, N°84.
- Nakamura, Y. (1989). A method for dynamic characteristics estimation of subsurface using microtremor on the ground surface. Quarterly R of Report RTRI, 30, 25-33.
- Peterson, J., (1993). Observations and modelling of background seismic noise. Open File Report 93-322. U.S. Geological Survey, Albuquerque, NM.

## 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 consentono 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*).

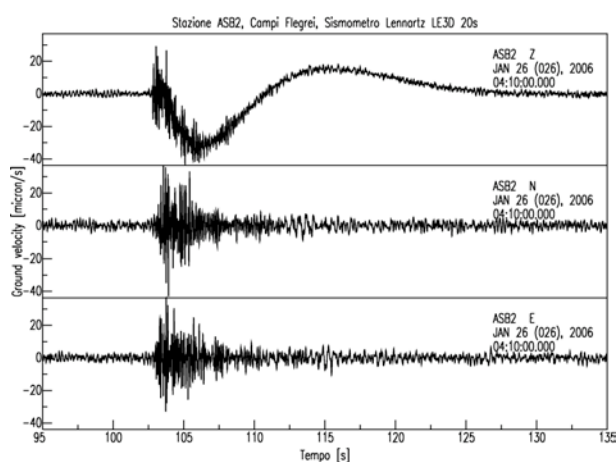
### Acquisitore *Nanometrics Taurus*

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*.



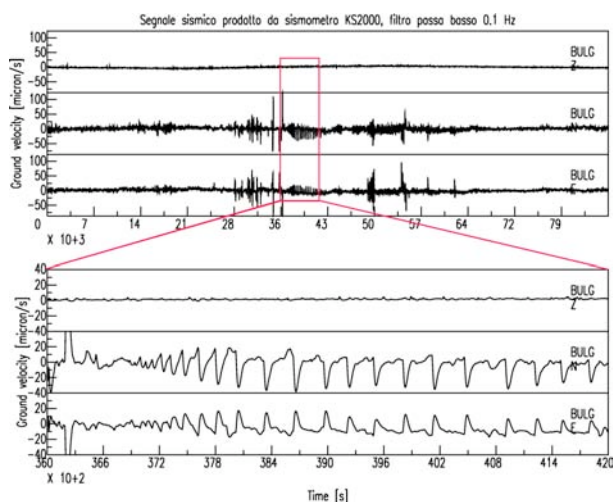
**Figura 1.** Tipico impulso anomalo prodotto da un sismometro *Lennartz LE3D/20s* sulla componente verticale innescato dal piccolo segnale impulsivo (un terremoto locale).

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.

<b>GLI ACQUISITORI</b>
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)

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

<b>GLI ACCELEROMETRI</b>
16 Kinematics Episensor FBA-3ST

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

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

**Tabella 2.** Interventi in aree vulcaniche in Italia.

<i>AREA</i>	<i>STRUMENTAZIONE INSTALLATA</i>
Nisyros (Grecia) 2001	tre stazioni a larga banda e un <i>array</i> 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.



## **OMBRA - OBSERVING MONTELLO BROAD ACTIVITY: UNA RETE TEMPORANEA PER LO STUDIO DEI PROCESSI DI DEFORMAZIONE ATTRAVERSO LA FAGLIA DEL MONTELLO (ALPI ORIENTALI)**

Adriano Cavaliere<sup>1</sup>, Peter Danecek<sup>1</sup>, Simone Salimbeni<sup>1</sup>, Stefania Danesi<sup>1</sup>, Silvia Pondrelli<sup>1</sup>,  
Enrico Serpelloni<sup>2</sup>, Paolo Augliera<sup>3</sup>, Gianlorenzo Franceschina<sup>3</sup>, Sara Lovati<sup>3</sup>, Marco Massa<sup>3</sup>,  
Mariano Maistrello<sup>3</sup>, Vera Pessina<sup>3</sup>

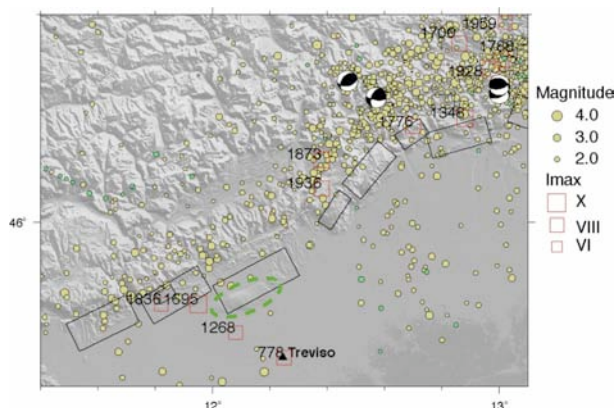
<sup>1</sup>Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia, Sezione di Bologna

<sup>2</sup>Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia, Centro Nazionale Terremoti

<sup>3</sup>Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia, Sezione di Milano-Pavia - Sismologia Applicata all'Ingegneria

### **Introduzione**

L'area veneta delle Alpi orientali è caratterizzata da una debole sismicità di *background*. In particolare, l'attività sismica registrata negli ultimi 30 anni [Castello et al., 2006; Bollettino Sismico INGV<sup>1</sup>] mostra eventi di bassa energia ( $M_L < 3$ ) lungo l'arco alpino in corrispondenza dell'anticlinale del Montello (situato a NW di Treviso). Sono noti però alcuni eventi di magnitudo medio-alta che hanno storicamente interessato la regione: l'episodio più significativo è il terremoto di Asolo del 1695 ( $I_{max}$  10 e  $M_{aw}$  6.61), affiancato da tre ulteriori eventi sismici di intensità  $I_{max} \geq VIII$  (magnitudo equivalente 6.0) avvenuti nel 778, 1286 e 1836 [CPTI Working group 2004] (Figura 1).



**Figura 1.** Mappa dell'area in esame: la linea tratteggiata in verde indica il Montello. I cerchi verdi indicano gli epicentri degli ultimi 30 anni, con sorgente superficiale <30km (gialli), e più profonda (verdi). Sono riportati gli eventi storici, i momenti tensore [Pondrelli et al., 2002] e le sorgenti sismogenetiche.

Il Montello è catalogato tra i segmenti sismogeneticamente attivi del fronte alpino [Valensise and Pantosti, 2001; Galadini et al., 2005; Poli et al., 2008], originato dall'*uplift* di una struttura di *thrust* S-vergente, con *slip rate* di deformazione stimato tra 1.5 mm/yr [Burrato et al., 2009] e 1.8-2.0 mm/yr [Benedetti et al., 2000]. Scopo del progetto OMBRA è quello di studiare alcune questioni ancora aperte e scientificamente controverse.

Ci si chiede come questi eventi storici forti possano integrarsi nel contesto della debole sismicità di fondo osservata recentemente. Inoltre è interessante capire come una velocità di placca relativamente alta possa accomodarsi nel *pattern* regionale e inoltre quali strutture tra l'anticlinale e il fronte alpino possano essere potenzialmente attive.

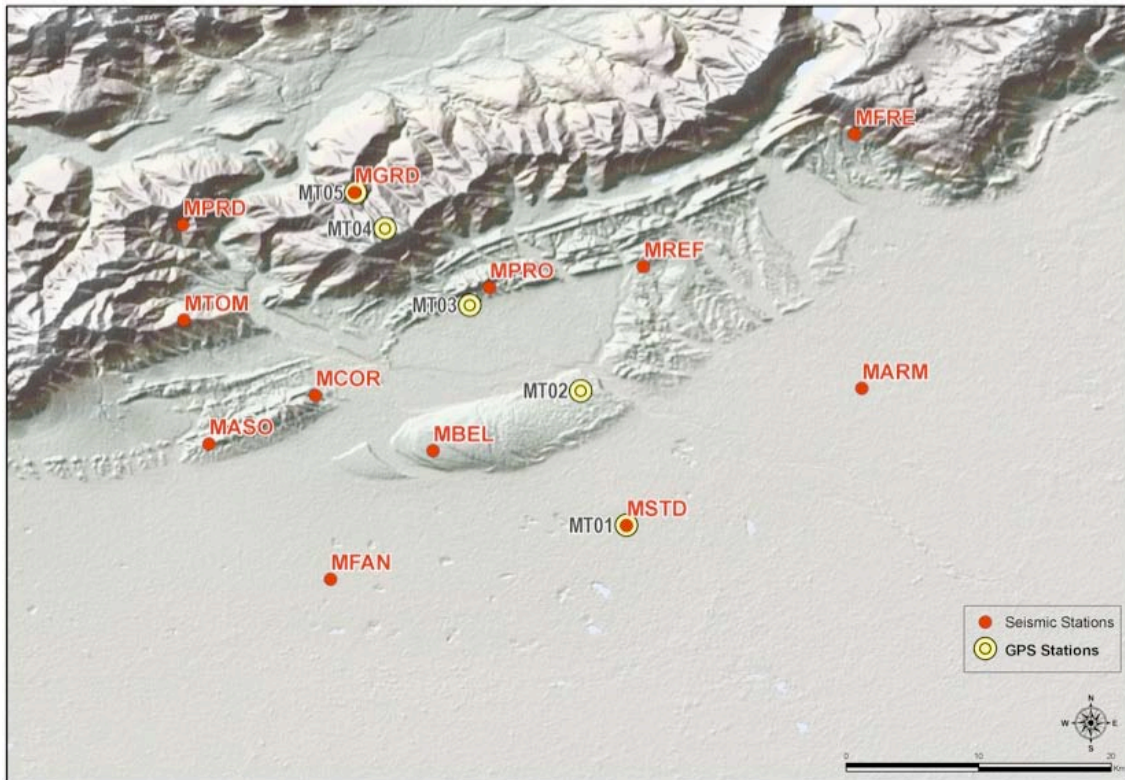
### **La rete multi-parametrica temporanea**

Per studiare i campi di *stress* e *strain* che agiscono nell'area, abbiamo installato una rete geofisica temporanea multi-parametrica che integra simultanee osservazioni sismiche e geodetiche. Intendiamo in questo modo misurare il gradiente locale di velocità, per modellare la geometria e la cinematica delle faglie che accumulano deformazione elastica.

Le osservazioni simultanee sulla sismicità locale consentiranno di avere informazioni indipendenti per fornire un'interpretazione geofisica più completa, abbassando la soglia di *detection* degli eventi di bassa magnitudo e integrando il catalogo della sismicità locale.

Il transetto geodetico semi-permanente è costituito da 5 stazioni installate a fine 2008, lungo una linea approssimativamente orientata NNW-SSE, che attraversa il Montello [Serpelloni and Cavaliere, 2010].

<sup>1</sup> [www.iside.ingv.it](http://www.iside.ingv.it)



**Figura 2.** Dislocazione delle stazioni geodetiche (in giallo) e sismiche (in rosso) del progetto OMBRA.

Le 12 stazioni sismiche (10 rese disponibili dalla Co.Re.Mo., vedi Moretti e Govoni, 2011 - in questo volume e 2 dal gruppo di lavoro della Sezione di Milano-Pavia) sono invece operative da giugno 2010, dopo che vari esperimenti erano stati effettuati per la stima di rumore in diversi siti [OMBRA Project Group, 2011].

La configurazione definitiva della rete è mostrata in *Figura 2*.

Tutte le stazioni sismiche sono equipaggiate con sensore *Lennartz 3D/5s* (*Figura 3a*) e digitalizzatore REF TEK 130-01.

Le stazioni geodetiche sono invece equipaggiate con antenna Leica AX1202GG e ricevitore Leica GRX1200GGPro (*Figura 3b*).

L'alimentazione è garantita da pannelli fotovoltaici per le stazioni poste nei siti più remoti e dalla rete elettrica per quelle situate accanto ad edifici.

### **Test-case: eventi del 23 giugno 2010**

Il 23 giugno 2010 alle ore 21:46 GMT, quando quasi tutte le stazioni sismiche erano già operative, la RSN [vedi Delladio, 2011 - in questo volume] ha localizzato un evento di magnitudo  $M_L$  2.9 pochi km a nord del Montello. Essendo stato

localizzato in una posizione baricentrica per la rete OMBRA, questo evento ha costituito il *test-case* ottimale per la rete sismometrica del progetto.

In *Tabella 1* sono riportati i parametri epicentrali degli eventi in questione.

RSN 21:46	OMBRA 21:46	OMBRA 22:00
45°50'42.80"N	45°46'0.60"N	45°48'10.20"N
12°03'46.80"E	12°03'46.80"E	12°02'05.40"E
5 km fissata	13.53 km	5.47 km
± 1.9 km	± 0.75 km	± 0.7 km

**Tabella 1.** Parametri epicentrali per gli eventi avvenuti il 23 giugno 2010, ore 21:46 e ore 22:00 (UTC). Per ogni colonna, le righe riportano rispettivamente i valori di latitudine, longitudine, profondità ipocentrale, e stima dell'errore orizzontale.

Le due localizzazioni del *mainshock* delle 21:46 distano circa 8 km (*Figura 4*). Vale la pena sottolineare che tutte le stazioni della rete locale distano meno di 30 km dall'epicentro, mentre le

stazioni della rete nazionale sono piuttosto distanti dall'epicentro stimato (più di 40 km).

I parametri epicentrali quindi, sono determinati con migliore precisione dalla rete OMBRA (rms=0.17 e *horizontal error* stimato < 0.75km ), mentre risentono della distanza per la localizzazione nazionale (profondità fissata a 5km, ed errore sulle coordinate orizzontali < 1.9km)

Dopo 14 minuti dal *mainshock* è stato registrato un ulteriore evento di minore energia, che non è stato possibile localizzare con le sole stazioni della RSN. Le stazioni della rete locale hanno invece consentito di determinare una localizzazione di buona qualità (rms=0.16) e una stima della magnitudo  $M_w=1.7$  (in giallo in *Figura 4*).

Questo *test* ci ha permesso di dimostrare che la rete locale è effettivamente adeguata per abbassare la soglia di *detection* e localizzazione di eventi locali con un alto grado di affidabilità e precisione.

## Conclusioni

Al termine dell'esperimento, avendo a disposizione oltre un anno di dati, intendiamo studiare la sismicità locale, grazie anche ai dati che verranno forniti dai colleghi dell'OGS [vedi Pesaresi e Bragato, 2011 - in questo volume] e della RSN. L'esame integrato della sismicità e dei risultati della campagna GPS potrà fornire informazioni interessanti per determinare le caratteristiche geometriche e l'accumulo dell'energia di deformazione della regione, i parametri cinematici (*slip rate* inter-sismico, tasso di deformazione, caratteristiche delle sorgenti ed eventuale deformazione asismica) nonché i parametri geometrici delle faglie potenzialmente attive.

**Ringraziamenti.** Un sentito ringraziamento alla Co.Re.Mo. per averci fornito la strumentazione necessaria per la realizzazione della rete sismica.

## Bibliografia

- Benedetti L., Tapponnier P., King G.C.P., Meyer B. and Manighetti I., (2000). Growth folding and active thrusting in the Montello region, Veneto, northern Italy. *J. Geophys. Res.*, 105, 739-766.
- Burrato P., De Martini P.M., Poli M. E. and Zanferrari A. (2009). Geometric and Kinematic modeling of the thrust fronts in the Montello-Cansiglio area from geologic and geodetic data (Eastern Southalpine Chain, NE Italy). *Rendiconti online Soc. Geol. It.*, 5, 48-50, 2 ff.
- Castello B., Selvaggi G., Chiarabba C. and Amato A. (2006). CSI Catalogo della sismicità italiana 1981-

- 2002, versione 1.1. INGV-CNT, Roma. <http://csi.rm.ingv.it/>
- CPTI Working group (2004). Catalogo Parametrico dei Terremoti Italiani, versione 2004 (CPTI04), INGV-BO.
- Galadini F., Poli M.E. and Zanferrari A., (2005) Seismogenic sources potentially responsible for earthquakes with  $M \geq 6$  in the eastern Southern Alps (Thiene-Udine sector, NE Italy). *Geophys. J. Int.*, 161, 739-762.
- OMBRA Project Group, (2011) OMBRA: Observing Montello Broad Activity-Deployment of a temporary seismic network to study the deformation process across Montello fault (Eastern Alps), Rapporti Tecnici INGV N°180.
- Poli M.E., Burrato P., Galadini F. and Zanferrari A. (2008). Seismogenic sources responsible for destructive earthquakes in north-eastern Italy. *Bollettino di Geofisica Teorica ed Applicata*, 49, 3-4, 301-313.
- Pondrelli S., Morelli A., Ekström G., Mazza S., Boschi E. and Dziewonski A. M. (2002). European-Mediterranean regional centroid-moment tensors: 1997-2000. *Phys. Earth Planet. Int.*, 130, 71-101.
- Serpelloni E. and Cavaliere A., (2010). A complementary GPSsurvey mode for precise crustal deformation monitoring: the Conegliano-Montello active thrust semicontinuous GPSnetwork. Rapporti Tecnici INGV N°131,
- Valensise G. and Pantosti D. (2001). The investigation of potential earthquake sources in peninsular Italy: a review. *J. Seismol.* 5, 287-306.

## LIVELLI DI DETEZIONE DA STAZIONI SISMICHE IN POZZO

Paolo Augliera<sup>1</sup>, Gianlorenzo Franceschina<sup>1</sup>, Marco Massa<sup>1</sup>, Sara Lovati<sup>1</sup>,  
Ezio D'Alema<sup>2</sup>, Simone Marzorati<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia, Sezione di Milano-Pavia - Sismologia Applicata all'Ingegneria

<sup>2</sup>Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia, Centro Nazionale Terremoti

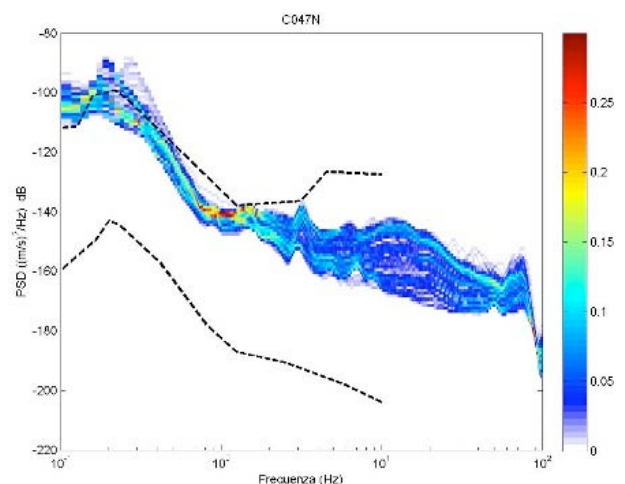
### Introduzione

Nell'ambito di un progetto pilota per l'iniezione e lo stoccaggio di CO<sub>2</sub> da effettuarsi nell'area di Cortemaggiore (PC), la Sezione di Milano-Pavia dell'INGV è stata incaricata dell'attività di monitoraggio sismico di superficie. A tale scopo è stata realizzata una rete costituita da 7 stazioni. I sensori sono posizionati in un'area di dimensioni di circa 6x2 km. Tutte le stazioni sono dotate di acquisitore digitale a 24 bit tipo *Lennartz M24/NET* con ricevitore del segnale di tempo GPS. L'area è caratterizzata da un forte disturbo antropico ed industriale. Per migliorare la qualità del segnale, 4 sensori sono installati in pozzo alla profondità di 100 metri. Per le stazioni in pozzo il sensore usato è il *Lennartz LE-3D/BH* mentre in superficie viene utilizzato *LE-3Dlite MKII*. I 2 sensori presentano caratteristiche tecniche simili, con frequenza propria pari ad 1 Hz, limite superiore in frequenza di 80 Hz e *range* dinamico di 136 dB. In questo lavoro sono stimati i livelli di microtremore sismico e viene valutata la soglia di detezione, ovvero il valore minimo di magnitudo registrabile in funzione della distanza dalla sorgente sismica.

### Stima dei livelli di microtremore sismico

Una prima valutazione deriva dalla misurazione dei valori RMS dei segnali. Per le stazioni in superficie il valore di RMS passa mediamente da  $8.3 \times 10^{-7}$  m/s durante il giorno, a  $3.8 \times 10^{-7}$  m/s nelle ore notturne. Per le stazioni in pozzo l'RMS risulta pari a  $3.4 \times 10^{-7}$  m/s e  $3.0 \times 10^{-7}$  m/s nelle ore diurne e notturne, rispettivamente. Lo strumento in pozzo presenta una riduzione del livello di rumore sismico di un fattore 2.5 circa, rispetto alle stazioni poste in superficie. In quest'area altamente urbanizzata ed industrializzata, l'installazione a 100 m in pozzo consente quindi di ottenere un livello del segnale diurno paragonabile a quello che si riscontrerebbe durante la notte per le stazioni in superficie. Per giungere ad una valutazione più accurata del livello di rumore, che tenga conto dei differenti contributi in frequenza, si procede

all'analisi spettrale del segnale registrato. Una pratica consolidata consiste nel rappresentare il contenuto spettrale del rumore in termini di densità dello spettro di potenza (PSD) misurato in deciBel (dB). In tal modo i risultati ottenuti possono essere confrontati con le curve *standard* di riferimento *New High Noise Model* (NHNM) e *New Low Noise Model* (NLNM) ricavate da Peterson [1993] dall'analisi dei dati di microtremore sismico di 75 stazioni distribuite in diverse parti del mondo. In questo caso, le analisi di rumore sono state effettuate selezionando, per ogni stazione, 1488 registrazioni 3-componenti, ciascuna della durata di un'ora. Le tracce sono state corrette per la linea di base e per la risposta dello strumento e un *tapering* del 10% è stato applicato all'inizio e alla fine del segnale prima di calcolare la trasformata di Fourier (FFT). Allo scopo di ridurre la varianza, le ampiezze spettrali, sono state moltiplicate per una funzione di *smoothing* utilizzando la finestra di Konno & Omachi [1998] con parametro  $b=20$ . La scelta di questo tipo di funzione, che agisce su scala logaritmica, consente di ottenere una maggior risoluzione nell'individuazione di eventuali picchi in bassa frequenza.



**Figura 1.** PDF dello spettro di potenza (PSD) del rumore sismico registrato alla stazione C047 (componente Nord-Sud). Le linee tratteggiate indicano i livelli NHNM ed NLNM.

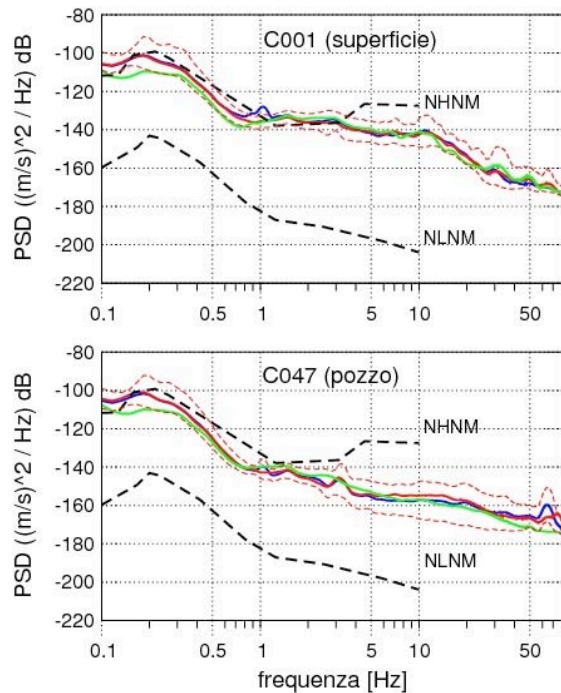
Lo spettro di potenza del segnale in velocità è stato calcolato con una risoluzione di 0.0166 Hz ed i segnali sono stati acquisiti a 200 campioni al secondo. Le registrazioni di rumore microsismico risultano comunemente caratterizzate dalla presenza di numerosi disturbi, di origine prevalentemente antropica, che possono influenzare anche notevolmente la variabilità dello spettro di potenza. Per aumentare la stabilità della misura della PSD viene perciò solitamente calcolata la funzione di distribuzione (PDF) dello spettro, utilizzando il maggior numero di sequenze di segnale disponibili [McNamara & Buland, 2004]. Come esempio viene mostrata la funzione di distribuzione dello spettro di potenza in velocità misurato per la componente Nord-Sud di una delle stazioni in pozzo (*Figura 1*).

A conferma della particolare rumorosità di questi siti, i livelli di rumore sismico misurati risultano compatibili con la curva di riferimento NHNM. Non si evidenziano differenze significative fra le tre componenti, con livelli di rumore indicativamente attorno a -135 dB e -145 dB nella banda di frequenza 1-10 Hz, per le stazioni poste in superficie e in pozzo, rispettivamente. In *Figura 2* vengono riportate le curve medie delle funzioni di distribuzione per una stazione in superficie ed una in pozzo per le 3 componenti del moto. Per la componente Nord-Sud vengono inoltre riportati i valori corrispondenti al 5° e al 95° percentile ( $\pm 2\text{std}$ ). Per le stazioni in superficie, il livello di disturbo, indicativamente attorno a -130 dB per  $f=1$  Hz, diminuisce fino a -140 dB/-145 dB per  $f=10$  Hz e si attesta attorno a -160 dB per  $f=30$  Hz. Su tutta la banda di frequenze utili per la detezione di eventi sismici di bassa magnitudo (1-30 Hz), la stazione in pozzo presenta un guadagno di circa 7.3 dB. Nella banda di frequenza 1-10 Hz, il guadagno risulta invece 11.9 dB.

### Livelli di detezione

Le analisi di rumore presentate nel paragrafo precedente sono state impiegate per valutare il livello di detezione della rete. A tal fine, sono stati simulati i valori di PSD registrabili dalle stazioni installate, corrispondenti ad ipotetici eventi sismici di diversa magnitudo localizzati a differenti distanze dalla rete.

Poiché vengono simulati terremoti di magnitudo non particolarmente elevata, è stato utilizzato un modello a sorgente puntiforme, adottando la forma funzionale prevista da Brune [1970; 1971] per definire lo spettro di Fourier dell'evento.



**Figura 2.** Valori medi per le 3 componenti e deviazione *standard* per la componente Nord-Sud della PSD del rumore sismico registrato alle stazioni C001 e C047.

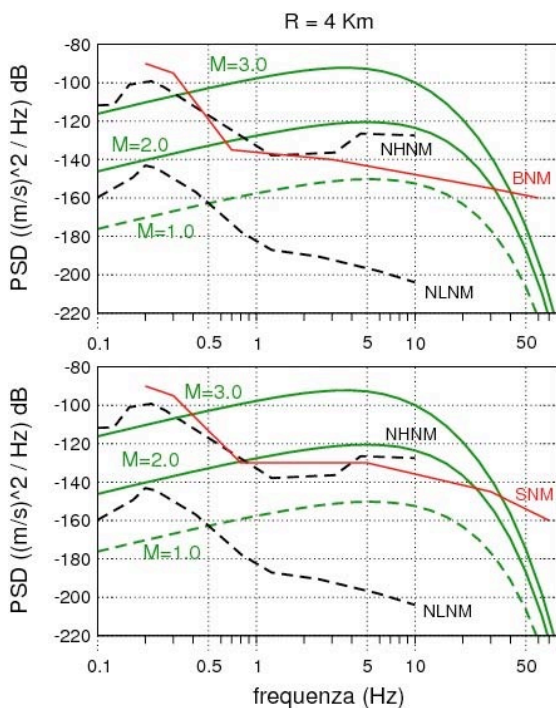
Il modello, ampiamente utilizzato nella pratica ingegneristica quando si intendano trascurare gli effetti di finitezza della faglia e gli effetti di direttività della rottura, è completamente definito da due parametri: il momento sismico del terremoto,  $M_0$ , legato alla magnitudo, e la frequenza d'angolo,  $f_c$ , legata alle dimensioni lineari della sorgente. Alternativamente, lo spettro di sorgente può essere definito dai valori di  $M_0$  e della caduta di sforzo,  $\Delta\sigma$ , dato che risulta  $\Delta\sigma \sim M_0 f_c^3$ . È importante notare che lo spettro di Fourier in velocità presenta un massimo assoluto in corrispondenza della *corner frequency* dell'evento. Quest'ultima può essere perciò definita come la frequenza caratteristica delle onde sismiche emesse dalla sorgente. L'attenuazione delle onde sismiche viene simulata introducendo un termine moltiplicativo, dipendente dalla frequenza e dalla distanza, nella definizione dello spettro di Fourier, allo scopo di rappresentare gli effetti di diffusione geometrica, di attenuazione anelastica e di dispersione. Secondo un'approssimazione ampiamente utilizzata, l'attenuazione può essere parametrizzata mediante due soli parametri: il fattore di qualità per  $f=1$  Hz,  $Q_0$  [Lay & Wallace, 1995], e il parametro di decadimento spettrale,  $k$  [Anderson & Hough, 1984].

L'ampiezza dello spettro di Fourier in velocità delle onde S registrate a distanza ipocentrale R dalla sorgente,  $V(f)$ , viene calcolata dalla seguente relazione:

$$V(f) = \frac{C \cdot M_0}{R} \frac{2\pi \cdot f}{1 + \left(\frac{f}{f_c}\right)^2} \cdot \exp\left(-\frac{\pi \cdot R}{Q_0}\right) \cdot \exp(-k \cdot f)$$

nella quale  $\beta$  rappresenta la velocità delle onde S e la costante  $C$  dipende da  $\beta$ , dalla densità del mezzo,  $\rho$ , e dal fattore di forma della radiazione,  $R_{\theta\phi}$ .

L'applicazione di una legge di scala, che regola il rapporto fra le dimensioni della sorgente e la dinamica della rottura, consente poi di ridurre ad uno il numero di parametri necessari per definire lo spettro di sorgente. In questo lavoro viene impiegata una legge di scala a caduta di sforzo costante con  $\Delta\sigma = 5$  MPa. Inoltre, come di consueto, viene impiegata la relazione di Hanks & Kanamori [1979] per ricavare il momento sismico a partire dalla magnitudo ipotizzata. Per quanto riguarda l'attenuazione, studi relativi all'area Lombarda indicano  $Q_0 = 48.5$  [Castro et al., 1993], mentre il valore del parametro  $k$  di decadimento spettrale può essere definito sulla base delle informazioni disponibili riguardanti la geologia locale.



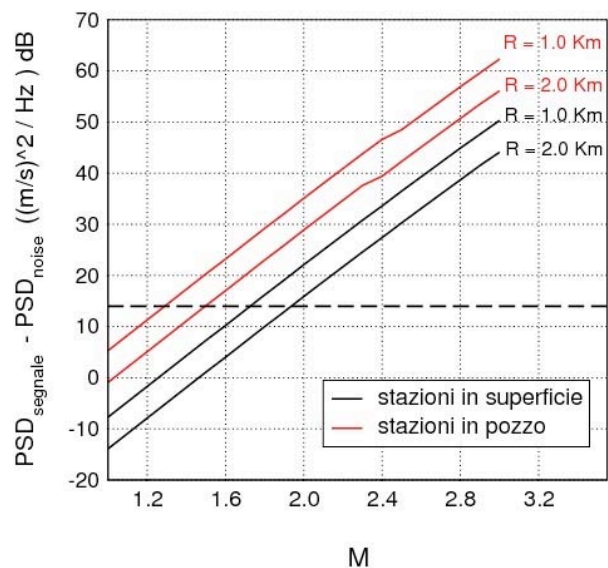
**Figura 3.** PSD medie per *noise* registrato ed eventi simulati. La sigla BNM indica le PSD medie del *noise* in pozzo, SNM quelle in superficie.

In questo lavoro, il valore di  $Q_0$  è stato fissato a 50, mentre il valore di  $k$ , fissato a 0.06 s, è stato scelto sulla base del confronto fra gli spettri di potenza simulato e osservato di un terremoto di bassa magnitudo registrato dalle stazioni della rete. In *Figura 3* sono raffigurati gli spettri di potenza simulati ottenuti applicando la tecnica descritta, per magnitudo da 1 a 3 e con una sorgente posta ad una distanza di 4 km.

Come risulta evidente dall'analisi di *Figura 3*, ad ogni evento simulato corrisponderà, per una data magnitudo, una particolare *corner frequency* per lo spettro ottenuto. Ad esempio per magnitudo 3 la *corner frequency* è intorno ai 5 Hz.

Come noto, tale valore è inversamente proporzionale alla frequenza ed aumenta quindi al diminuire della magnitudo. Per la definizione del livello di detezione viene utilizzato il valore della PSD ottenuta alla *corner frequency* dell'evento simulato, che avevamo appunto precedentemente definito come la frequenza caratteristica delle onde sismiche emesse dalla sorgente, per ognuna delle magnitudo e distanze considerate. Questo valore viene confrontato con il livello del *noise* osservato alla stazione per quella particolare frequenza. In questo lavoro poniamo il limite del rapporto segnale su disturbo a 5 (14 dB).

Dall'analisi di *Figura 4* si può valutare che le stazioni in pozzo, nella zona in esame particolarmente urbanizzata, permettono di abbassare la soglia di magnitudo di un valore pari a circa 0.5. La linea tratteggiata indica la soglia del rapporto segnale/*noise*.



**Figura 4.** Livelli di detezione per le stazioni in superficie ed in pozzo per eventi a distanze di 1 e 2.

## **Bibliografia**

- Anderson J.G., Hough S. (1984). A model for the shape of Fourier amplitude spectrum of acceleration at high frequencies, *Bull. seism. Soc. Am.*, 74, 1969-1994.
- Brune J.N. (1970). Tectonic stress and the spectra of seismic shear waves from earthquakes, *J. Geophysical Res.*, 75, 4997-5009.
- Brune J.N. (1971). Correction, *J. Geophysical Res.*, 76, 5002.
- Castro R., Pacor F., Petrongaro C. (1993). Confronto fra diversi metodi per la stima dell'attenuazione delle onde sismiche applicati nelle regioni Lombardia e Sicilia, *Atti del 12° Convegno del G.N.G.T.S.*, Roma 24-26 novembre 1993, Vol. I, 179-192.
- Hanks T.C., Kanamori H. (1979). A moment magnitude scale, *J. Geophysical Res.*, 84, 2348-2350.
- Konno K., Omachi T. (1998). Ground-Motion Characteristics Estimated from Spectral Ratio between Horizontal and Vertical Components of Microtremor, *Bull. seism. Soc. Am.*, 88, 228-241.
- Lay T., Wallace T.C. (1995). *Modern global seismology*, International Geophysics Series, 58, Academic Press, San Diego (USA), 521 pp.
- McNamara, D.E., Buland R.P. (2004). Ambient Noise Levels in the Continental United States, *Bull. seism. Soc. Am.*, 94, 1517-1527.
- Peterson (1993). Observation and modelling of seismic background noise, *U.S.G.S. Tech. Rept.*, 93-322, 1-95.

## SENSORI IN POZZO DELLA RSN DELL'INGV

Simone Marzorati, Marco Cattaneo, Ezio D'Alema, Massimo Frapiccini,  
Chiara Ladina, Giancarlo Monachesi

*Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia, Centro Nazionale Terremoti*

### Introduzione

L'utilizzo di sensori in pozzo ha l'obiettivo di migliorare il rapporto segnale-disturbo per poter registrare segnali di eventi sismici in zone dove le registrazioni in superficie sono corrotte dai disturbi. Infatti, le registrazioni superficiali sono affette dal *noise* sismico ambientale il quale è particolarmente elevato in zone industrializzate a frequenze generalmente superiori ad 1 Hz [McNamara and Buland, 2004].

La RSN dell'INGV, gestita dal CNT [vedi Delladio, 2011 - in questo volume], è dotata attualmente di 6 sensori in pozzo, ubicati nelle seguenti località: Castelleone (CR), Imola (BO), Bellaria (RN), Senigallia (AN), Sansepolcro (AR), Città di Castello (PG). Le prime 4 località si trovano in pianura padana (Castelleone e Imola) e sulla costa adriatica (Bellaria e Senigallia): in questi siti l'utilizzo di un sensore in pozzo ha lo scopo di ottenere registrazioni in cui i disturbi antropici possano essere significativamente abbattuti, in quanto le aree citate sono tra le più industrializzate e urbanizzate del territorio nazionale [Marzorati and Bindi, 2006]. I pozzi di Sansepolcro e Città di Castello rientrano nell'area di interesse della Faglia Alto Tiberina, in cui terremoti di piccolissima magnitudo vengono registrati solo in siti particolarmente silenziosi dal punto di vista del *noise* sismico ambientale; perciò i due sensori in pozzo hanno lo scopo di avere un punto di osservazione più vicino alla sorgente dei segnali che si vogliono registrare.

Nei prossimi paragrafi sono mostrati alcuni esempi utili per poter valutare l'efficienza dei sensori in pozzo.

### Caratteristiche della strumentazione

I sensori in pozzo delle 6 stazioni sismiche della RSN dell'INGV sono quasi tutte dotate del sensore *Lennartz* LE-3D/BH, il quale ha una frequenza propria di 1 Hz. Una sola stazione, quella di Castelleone, è dotata di un geofono *Geo Space* HS-1-LT con una frequenza propria di 2 Hz. I sensori sono collocati a differenti profondità, da un

minimo di 49 ad un massimo di 175 m. Escludendo le stazioni di Bellaria e Sansepolcro, nei restanti siti è stato installato anche un sensore di superficie, in tre casi corrispondente ad un accelerometro *Episensor* FBA ES-T e in un caso (Imola) corrispondente ad un *Lennartz* LE-3Dlite (*Tabella 1*). Tutte le stazioni sono dotate di acquisitori digitali GAIA2.

Cod. Staz.	Località	Sensore Pozzo	Sens. in Sup	Prof (m) Pozzo
CTL8	Castelleone	HS-1	Epi	162
IMOL	Imola	LE-3D/BH	LE-3Dlite	175
BLLA	Bellaria	LE-3D/BH		49
SENI	Senigallia	LE-3D/BH	Epi	61
SSP9	Sansepolcro	LE-3D/BH		117
CDCA	Città di Castello	LE-3D/BH	Epi	146

**Tabella 1.** Caratteristiche delle stazioni sismiche.

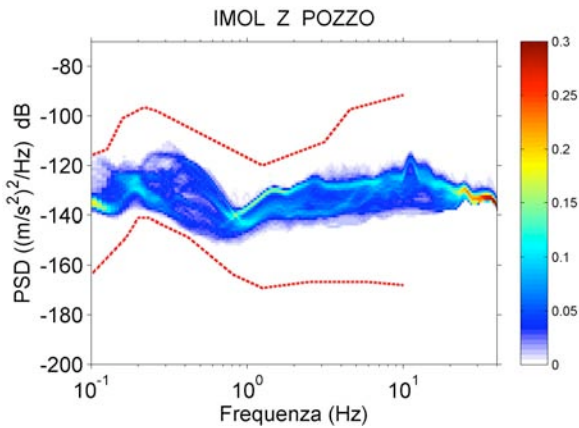
### Stima dei livelli di *noise* sismico dei sensori in pozzo

La valutazione della rumorosità delle registrazioni restituite dai sensori in pozzo può essere resa: 1) in valore assoluto, calcolando una statistica dei livelli di *noise* sismico; 2) in valore relativo, rispetto ai livelli di *noise* registrati da un sensore posto in superficie alla testa del pozzo.

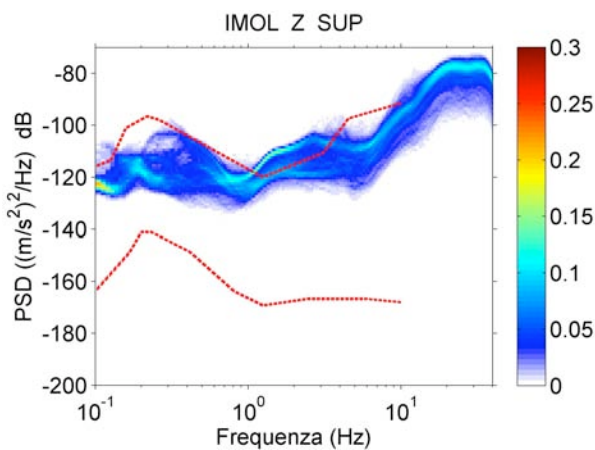
Attraverso tecniche di analisi a finestra mobile, vengono calcolate le *Power Spectral Densities* (PSD) del segnale sismico continuo, le quali compongono il *data set* utile ad estrarre la statistica dei livelli di *noise* ad una stazione. La statistica è rappresentata dalla composizione di *Probability Density Functions* (PDF) [McNamara and Buland, 2004], le quali esprimono la variazione dei livelli di *noise* nel periodo temporale considerato. Ad esempio, in *Figura 1* è riportata la PDF relativa a



20 giorni di registrazione continua alla stazione IMOL sulla componente verticale (Z) del sensore in pozzo. La PDF di *Figura 1* è stata ottenuta da 2880 PSD, ognuna delle quali è una media di 5 PSD calcolate su finestre di segnale di 120 s non sovrapposte.



**Figura 1.** PDF relativa alla componente Z del sensore in pozzo della stazione IMOL. In rosso tratteggiato sono rappresentate le curve di riferimento del *noise* sismico [Peterson, 1993]. La scala di colori rappresenta la probabilità.



**Figura 2.** PDF relativa alla componente Z del sensore in superficie della stazione IMOL. In rosso tratteggiato sono rappresentate le curve di riferimento del *noise* sismico [Peterson, 1993]. La scala di colori rappresenta la probabilità.

La PDF è in grado di descrivere le variazioni del *noise* alle varie frequenze, potendo così valutare in modo assoluto l'intervallo d'ampiezza del segnale interessato dai disturbi e quanto frequentemente.

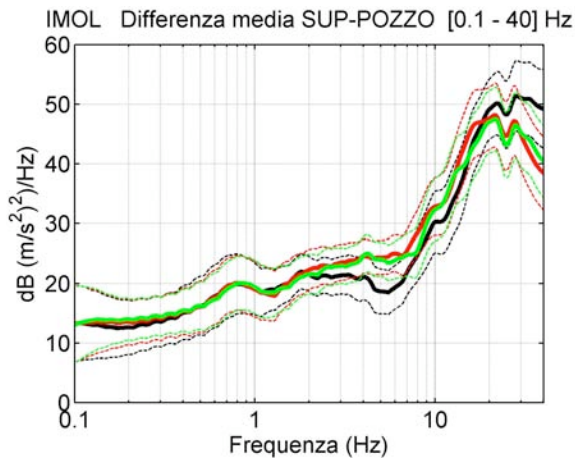
Tale intervallo d'ampiezza può essere confrontato, ad esempio, con curve di riferimento del *noise* sismico [Peterson, 1993], così da comprendere qualitativamente la rumorosità del segnale registrato al pozzo.

Un'analisi analoga può essere eseguita sul segnale registrato da un eventuale sensore in superficie, così come nel caso della stazione IMOL, in cui un sensore è stato installato ad 1 m dalla testa del pozzo. I livelli di *noise* in superficie alla stazione IMOL sono rappresentati nell'esempio di *Figura 2*. Confrontando la *Figura 1* e la *Figura 2* è possibile notare come i livelli di *noise* al pozzo sono sensibilmente inferiori a quelli registrati in superficie nella banda di frequenza considerata. Per valutare quantitativamente di quanto i disturbi in superficie superano quelli in pozzo, è possibile estrarre dalle PDF i valori medi ad ogni frequenza ed ottenere una differenza. La differenza tra i livelli di disturbo medi tra la superficie ed il pozzo sulle tre componenti del segnale della stazione IMOL è visualizzata in *Figura 3*.

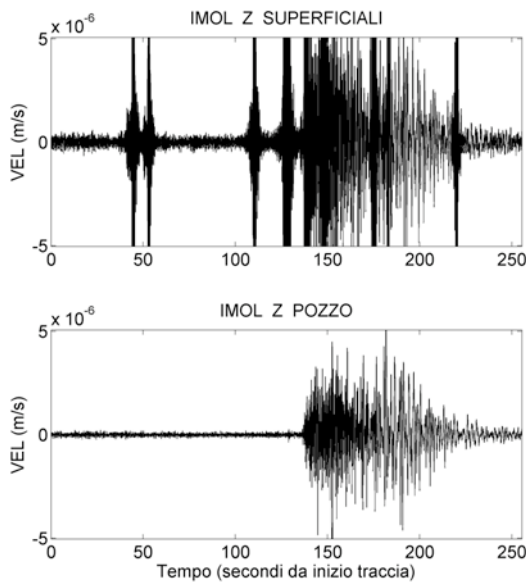
Nella banda di frequenza tra 1 e 10 Hz, i disturbi nel pozzo sono inferiori di 20 dB rispetto alla superficie. Tale valore aumenta fino a 50 dB oltre i 10 Hz; questa caratteristica è dovuta alla particolare ubicazione del sito IMOL, il quale è posto ai lati di una strada trafficata, in cui il traffico veicolare incide pesantemente sulle ampiezze del segnale alle alte frequenze. Ma tutto il disturbo generato da queste sorgenti superficiali si attenua velocemente e praticamente non giunge fino alla base del pozzo, dove il sensore a 175 m di profondità non rileva significativi disturbi oltre i 10 Hz (*Figura 1*).

Oltre che dai dati quantitativi ottenuti, la minor rumorosità del segnale registrato alla base del pozzo rispetto a quello in superficie è visivamente osservabile a partire dalle forme d'onda relative ad un evento sismico di magnitudo  $M_L$  3.2 registrato ad una distanza epicentrale di circa 110 Km con tempo origine alle 00:27:48 UTC del 10 agosto 2010 (*Figura 4*). Come si può notare, la forma d'onda registrata in superficie è fortemente degradata dai disturbi derivanti dal traffico veicolare, mentre è chiaramente leggibile nella registrazione ottenuta dal sensore in pozzo.

Le stime dei livelli di rumorosità può essere svolta con differente dettaglio per indagare le variazioni di rumorosità dovute all'attività antropica. Selezionando le PSD relative alle ore notturne e diurne possono essere calcolate PDF separate ed ottenere la differenza dei disturbi registrati ad un sensore e quindi quanto i disturbi diurni sono maggiori dei disturbi notturni (come generalmente ci si aspetta).

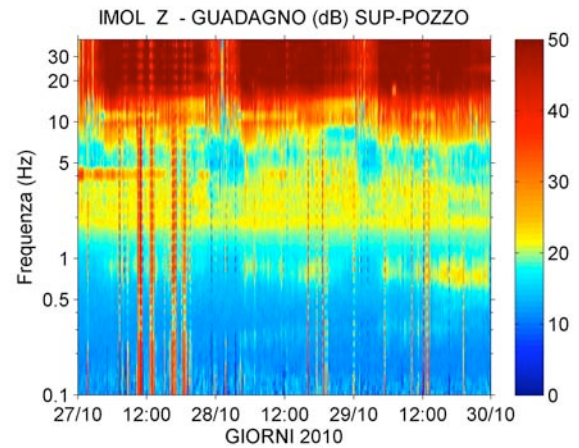


**Figura 3.** Differenza tra i valori medi registrati in superficie ed alla base del pozzo. Curva continua: media. Curva tratteggiata: deviazione *standard*. Nero: Verticale; rosso: Nord- Sud; verde: Est-Ovest.



**Figura 4.** Forme d'onda di un evento sismico registrato alla stazione IMOL sulle componenti verticali.

Queste caratteristiche si riflettono anche nei dB guadagnati alla base del pozzo rispetto alla superficie, come si può notare dalla *Figura 5*. Infatti, ciò che viene registrato alla base del pozzo rispetto alla superficie, dipende dalla natura e dall'origine delle sorgenti che producono i disturbi, oltre che dalla loro posizione rispetto al sito di registrazione. Gli elementi presenti in *Figura 5* mostrano che la differenza tra i segnali varia con il ciclo diurno-notturno per quel che riguarda le alte frequenze. Al contrario, al di sotto di 1 Hz, questa



**Figura 5.** Variabilità delle differenze dei segnali registrati in superficie ed alla base del pozzo sulla componente verticale della stazione IMOL nel corso di 3 giorni (dal 27 al 30 ottobre 2010). La scala di colori è in dB.

caratteristica ciclica non è presente, in quanto i disturbi sono di origine naturale, ma in ogni caso si nota ugualmente la presenza di alcune differenze tra i segnali, dovute al passaggio di episodi microsismici.

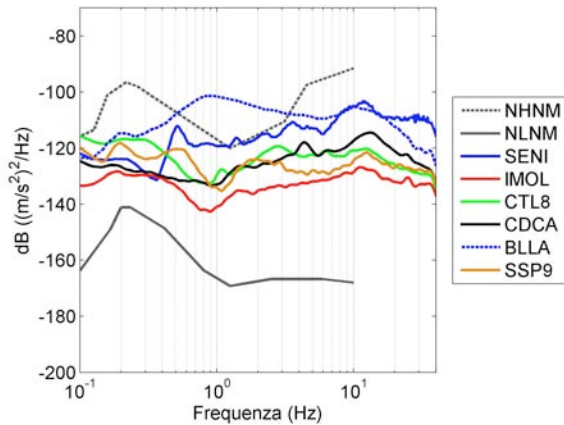
Considerando i 6 siti dove sono installati sensori in pozzo, con le tecniche precedentemente descritte, sono stati calcolati i livelli medi ad ogni sito, potendo così confrontare le stime di rumorosità tra i differenti siti.

I livelli medi, riferiti alle componenti verticali, sono stati inseriti nel grafico di *Figura 6*.

Il grafico è affetto dalla non contemporaneità delle registrazioni e dalla diversa disponibilità del dato (ad esempio per SSP9, al momento delle analisi, erano disponibili solo poche decine di ore di registrazioni). In ogni caso, la *Figura 6* mostra come la rumorosità nei pozzi è molto variabile da caso a caso.

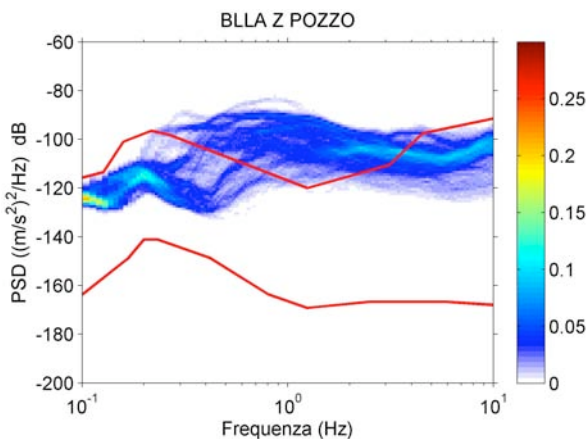
Considerazioni preliminari possono essere desunte esaminando ad esempio la differente profondità dei pozzi, la quale ricalca in gran parte dei casi i diversi livelli di rumorosità. Infatti, i casi di BLLA e SENI, in cui si hanno le maggiori rumorosità, corrispondono con le minori profondità. Analogamente è il caso di IMOL che corrisponde alla minor rumorosità ed alla maggior profondità del sensore.

Ma la variabilità osservata può essere spiegata anche attraverso altre caratteristiche, come il materiale litico presente lungo e alla base del pozzo, oppure la posizione del sito rispetto alle sorgenti di disturbo come accennato sopra.



**Figura 6.** Livelli medi di rumorosità ottenuti dalle PDF ai vari siti.

Quindi, per ottenere un'analisi completa della *performance* delle stazioni in pozzo, è necessario disporre di lunghi intervalli temporali di segnale e considerare le condizioni al sito caso per caso. In tal modo è possibile verificare la presenza di fenomeni con periodicità differente, come nel caso di BLLA (*Figura 7*) in cui la posizione e la caratteristica del sito (vicinissimo al limite di costa, in sedimenti incoerenti, in area urbanizzata) può vanificare i vantaggi di un sensore in pozzo in alcuni momenti.



**Figura 7.** PDF della componente verticale della stazione BLLA ottenuta da registrazioni del periodo primaverile, in cui l'effetto dei microsismi locali davanti alla linea di costa del sito incidono maggiormente rispetto ai disturbi antropici. La scala di colori rappresenta la probabilità. Curve rosse: riferimento di Peterson [1993].

## Bibliografia

- Marzorati S., and D. Bindi (2006). Ambient noise levels in north central Italy, *Geochem. Geophys. Geosyst.*, 7, Q09010, doi:10.1029/2006GC00125.
- McNamara, D.E. and Buland R.P. (2004). Ambient Noise Levels in the Continental United States, *Bull. seism. Soc. Am.*, 94, 1517-1527.
- Peterson (1993). Observation and modelling of seismic background noise, U.S.G.S. Tech. Rept., 93-322, 1-95.

## L'OCEAN BOTTOM SEISMOMETER (OBS/H) DELL'INGV: STATO DELL'ARTE

Giuseppe D'Anna, Giorgio Mangano, Antonino D'Alessandro

*Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia, Centro Nazionale Terremoti*

### Introduzione

Il progetto OBS/H dell'INGV nasce a dicembre 2005 ed ha come obiettivo la progettazione e la realizzazione di un gruppo di strumenti sottomarini da dedicare a campagne di sismica passiva di lunga durata. Ciò ha consentito l'ingresso dell'INGV nel ristretto numero di Enti internazionali che hanno a loro disposizione strumenti di questa tipologia.

### Evoluzione del progetto

Al fine di perseguire questo obiettivo fu istituito, agli inizi del 2005, l'OBSLab di Gibilmanna, un laboratorio specializzato per la realizzazione, *test* e utilizzo di strumentazione sottomarina. Il progetto per la realizzazione di un *pool* di OBS/H INGV prese l'avvio con la progettazione e realizzazione di un prototipo che si concluse entro i successivi 18 mesi (gennaio 2005-giugno 2006), per poi proseguire, tenendo conto dei *test* eseguiti sul prototipo, con la produzione di un numero di strumenti compatibili con le disponibilità finanziarie delle convenzioni DPC-INGV [D'Anna et al., 2009a].

Nel gennaio 2006 il prototipo fu realizzato e nei mesi successivi seguì una fase di *test*: in laboratorio, in camera iperbarica per la certificazione *full-depth* dei componenti (operatività fino a 6000 m) ed in acque basse. Il *test* definitivo si svolse durante una campagna di nove giorni sulla piana batiale tirrenica e sul vulcano sottomarino Marsili, dove furono registrati oltre 1000 eventi di origine vulcano-tettonica, diversi eventi regionali e un telesisma [D'Alessandro et al., 2009a].

Il progetto, così come previsto sin dall'inizio, si concluse il 20 luglio 2006, con soli 20 gg. di ritardo rispetto ai 18 mesi iniziali.

Nei sei mesi successivi, furono apportate le modifiche necessarie, evidenziate durante le varie fasi di *test*, e si passò alla produzione di sette strumenti che furono ultimati a gennaio 2007.

L'aver acquisito i sette strumenti ci ha consentito di proporci per l'attività NA6 di NERIES [D'Anna et al., 2008c; 2010; D'Alessandro et al., 2009b].

Questa attività, condivisa con l'Unità funzionale RIDGE<sup>1</sup> della Sezione Roma 2 Geomagnetismo, Aeronomia e Geofisica Ambientale dell'INGV, è stata finanziata, nei 4 anni di progetto, con circa € 250.000.

### Descrizione dello strumento

L'OBS/H (*Figura 1*) è composto da: a) un modulo sottomarino utilizzato per trasportare la strumentazione necessaria dalla superficie del mare al fondo e viceversa, b) strumentazione sismo-idroacustica con relativi pacchi batterie. Tutti i componenti e le strumentazioni installate possono operare *full-depth* (6000 metri di profondità pari ad una pressione di 600 bar).

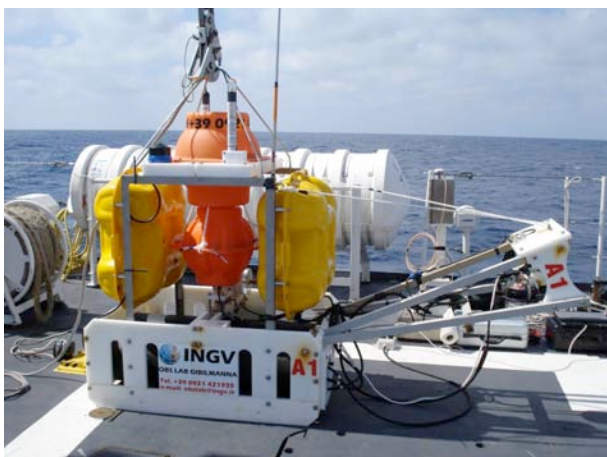
Il modulo sottomarino, interamente progettato dal *team* dell'OBSLab presso l'Osservatorio Geofisico di Gibilmanna, può essere suddiviso nelle seguenti parti: una struttura, un dispositivo di galleggiamento e la zavorra.

#### a) Il modulo sottomarino

La struttura è costituita da un telaio in acciaio INOX AISI 316L, da pannelli di polietilene e Delrin e due tubi in polietilene. Il primo tubo costituisce l'alloggiamento del *canister* in ERGAL 7075 T6 anodizzato contenente l'elettronica, le batterie principali e il sistema di sgancio di *backup* (EDGETECH C980102). Nel secondo tubo è ricavato l'alloggiamento per il sistema di sgancio principale della zavorra (IXSEA AR816S-MR). Sulla parte superiore, all'interno di una sfera da 17", è alloggiato un sistema di recupero in emergenza basato su un sistema di *tracking* GPS connesso ad un trasmettitore satellitare.

Per ridurre il rumore provocato dall'azione delle correnti sul telaio e per migliorare l'accoppiamento del sensore sismico con i sedimenti, questo viene tenuto, attraverso un braccio in vetroresina, ad una distanza di circa 1.2 m dal telaio stesso e sganciato dalla struttura una volta che essa si è adagiata sul fondo.

<sup>1</sup> [http://roma2.rm.ingv.it/en/units/5/geo-marine\\_interdisciplinary\\_research\\_ridge](http://roma2.rm.ingv.it/en/units/5/geo-marine_interdisciplinary_research_ridge)



**Figura 1.** Un OBS/H.

Il sistema di galleggiamento è costituito da una serie di sfere di vetro borosilicato di vari diametri (12", 13" e 17") che contribuiscono, complessivamente, con una spinta di 115 daN.

Per dare all'OBS/H un peso di circa 42 kg in fase di discesa e per consentirgli di mantenere la sua posizione sul fondo marino durante l'esperimento, una zavorra di ferro (70 kg) viene agganciata sul fondo del telaio principale attraverso un cavetto in acciaio inox AISI 316L del diametro di 2.5 mm. Tale sistema di sgancio è detto *burn-wire* ed è basato sulla dissoluzione elettrolitica del cavetto. Il sistema è poi collegato con l'uscita dei due sganciatori acustici installati all'interno di due distinti alloggiamenti. Questa soluzione, con due *releasers* posti in due diversi contenitori si è dimostrata molto affidabile, consentendo il recupero dello strumento, anche in caso di mancata risposta di uno dei due *releasers* acustici ai comandi inviati dalla nave.

#### **b) La strumentazione sismo-idroacustica**

Il sismometro a bordo del sistema, è oggi, un *Guralp* CMG40T-OBS, un sensore con risposta piatta tra 60 secondi e 100 Hz. Viene installato all'interno di una sfera di vetro con un diametro di 16 cm, completo di base autolivellante e sistema di blocco. La dimensione contenuta dell'*housing* permette di ridurre il rumore generato dalle correnti presenti sul fondo marino e di spingere la frequenza di risonanza della struttura di alloggiamento oltre le frequenze di interesse per la ricerca sismologica [Webb S.C., 1998; 2002].

Dopo lo sgancio del sensore ed il successivo accoppiamento con i sedimenti, l'acquisitore invia un comando all'elettronica di controllo del sistema di livellamento che ne sblocca i freni, aspetta che il sensore posizionato su una sospensione cardanica

si livelli per gravità e lo blocca nuovamente. Durante l'esperimento, questa procedura viene ripetuta periodicamente con un intervallo programmabile (di solito 15 o 30 giorni).

Per quel che riguarda la strumentazione idroacustica, sull'OBS/H possono essere installati, in alternativa, un *Differential Pressure Gauge* (DPG) Cox-Webb, per rivelare variazioni di pressione generate da onde di gravità, da tsunami e da eventi sismici (risposta piatta tra i 500 secondi e 2 Hz) [Coxe et al., 1984], o un idrofono HTI-04-PCA/ULF, con trasduttore piezoelettrico e risposta piatta tra 100 secondi e 8 kHz. Quest'ultimo viene installato in caso di monitoraggio di aree vulcaniche, dove potrebbero essere registrati segnali ad alta frequenza provenienti da attività idrotermale o frane sottomarine.

I segnali provenienti dal sismometro e dal sensore di pressione vengono campionati e memorizzati da un *data logger* SEND Geolon MLS 21 bit/4ch e con passo di campionamento fino a 200 sps. Il *clock* del sistema è fornito da un modulo *Seascan* Inc. con il quale si riesce ad ottenere una precisione di 0.05 parti per milione (ppm) nell'intervallo di temperatura 0-30 °C che ci consente di contenere la deriva entro 1.5 sec/anno [Wooding et al., 1998].

Tutti gli strumenti a bordo sono alimentati da batterie indipendenti: l'alimentazione per il *data logger*, il sismometro e il sensore di pressione sono forniti da due pacchi di batterie primarie al litio-cloruro di tionile, con una capacità totale di 700 Ah che ci consentono di effettuare campagne di acquisizione della durata di oltre un anno; i *releasers* acustici e il sistema di recupero in emergenza sono alimentati da pacchi batteria alcaline indipendenti.

#### **Problematiche tecniche**

Dal 2006, data della realizzazione del primo prototipo, i tecnici del OBSLab hanno dovuto affrontare diversi problemi tecnici e pratici, connessi all'utilizzo del tipo di sensore sismico scelto. Fino alla fine del 2008 l'OBS/H è stato dotato di sismometro *Nanometrics Trillium* 120P, installati su una sospensione cardanica passiva all'interno di una bentosfera da 17" [D'Anna et al., 2009b]. Come riportato dal manuale, questi sismometri sono caratterizzati da un *tilt* dinamico molto ristretto di +/- 0.2° e un consumo dichiarato di 600 mW di potenza nominale [Nanometrics, 2006]. La nostra esperienza dimostra che già nel *range* di +/- 0.1°, il consumo di energia aumenta fino a raggiungere i 2.5 W. Questo consumo di

potenza, in presenza di piccoli problemi meccanici relativi al sistema di livellamento e legati principalmente a deformazioni della bentosfera dovuti alle elevate pressioni cui è sottoposta, ha causato la completa scarica delle batterie in circa un mese, contro i sei mesi previsti della campagna [D'Anna et al., 2009b]. Questo tipo di problemi, insieme con la presenza nei segnali registrati di frequenze di risonanza nella banda di frequenza di interesse sismologico a causa delle dimensioni della base autolivellante, ci hanno portato a disporre la sostituzione dei sensori *Nanometrics* con il *Guralp CMG40T-OBS* contenuto all'interno di una bentosfera di vetro.

Purtroppo, anche questo sensore non è immune da problemi critici come quelli legati alla deformazione della sfera di vetro. Malgrado il diametro sia di soli 16 cm, pressioni superiori ai 300 bar (3000 m di profondità) hanno provocato la rottura dei blocchi di uno degli assi della sospensione cardanica del sismometro. Per questo motivo, e con lo scopo di aumentare l'affidabilità del sismometro sulle deposizioni in acque profonde, stiamo sostituendo gli originali alloggiamenti del sismometro (sfera di vetro) con quelle in titanio anodizzato (grado 2). Tale soluzione dovrebbe definitivamente porre fine alle problematiche riscontrate.

## PRODOTTI

### Tecnologia

Il salto tecnologico fatto dall'INGV nel realizzare questo progetto può essere così riassunto:

- sviluppo di circuiti dedicati ai sistemi di sgancio del sensore sismico e della zavorra, di recupero in emergenza, di ottimizzazione delle risorse energetiche;
- implementazione di una procedura per la localizzazione dell'OBS/H a fondo mare [Mangano e D'Anna, 2009];
- realizzazione di un modulo sottomarino affidabile;
- affidabilità dimostrata in 5 anni di attività essendo stato sottoposto, senza evidenziare alcun problema, a 17 deposizioni, 16 recuperi ed un solo recupero in emergenza. Nessuno strumento disperso.

### Dati

Per quel che riguarda i dati occorre fare una considerazione di carattere generale. I dati prodotti dalla strumentazione OBS/H sono di tre distinte

tipologie: le forme d'onda acquisite attraverso un velocimetro 3 componenti, i segnali di pressione acquisiti attraverso l'idrofono o, in alternativa, dal DPG. Recentemente è stato introdotto un termometro di media precisione da utilizzare in aree vulcaniche sottomarine per evidenziare eventuali flussi di calore.

Nella *Tabella 1* vengono riassunte le forme d'onda acquisite dagli OBS/H INGV nelle campagne dal 2006 ad oggi [D'Anna et al., 2007; 2008a; 2008b; 2008c; Margheriti & Messina Team, 2008; D'Alessandro et al., 2011].

Dati disponibili presso L'OBSLab				
CAMPAGNA	Fasi P	Fasi S	Eventi vulcanici	Scoppi
Marsili - Luglio 2006	19	6	>1000	
Neries 1 - 2007-2008	430	69		
S5 Project Messina 2008	360	45		
Neries 2 - 2008-2009	230	72		
Neries 3 - 2009-2010	90	47		
Tirreno - 2010*	120	80		>1000
Palermo - 2010*	320	270		>1000
<b>TOTALE</b>	<b>1569</b>	<b>589</b>	<b>&gt;1000</b>	<b>&gt;2000</b>

**Tabella 1.** Dati campagne OBS 2006-2010. (\*) in corso di elaborazione.

### Fondi DPC investiti

I fondi investiti in questo progetto (*Tabella 2*) sono stati destinati per un 35% alla strumentazione ed all'attrezzatura di base e per un 65% agli OBS/H (7 realizzati e 4 in corso di realizzazione) in ragione di un costo di circa 35.000 €/OBS contro 120.000 \$/OBS richiesti nel 2004 da *Kinematics* per uno strumento equipaggiato con sensore da frequenza naturale 1 s.

Le motivazioni che hanno portato alla scelta di realizzare in proprio lo strumento, anziché comprarli sul mercato, sono ampiamente illustrate nell'articolo pubblicato su Quaderni di Geofisica citato.

Ci preme sottolineare che le uniche spese pagate per le campagne sono state quelle per il recupero degli OBS/H depositi nel corso dell'esperimento "Messina 1908-2008" (12000 €) [D'Anna et al., 2008d; 2009b; Moretti et al., 2010], mentre le navi per tutte le altre campagne sono state ottenute in modo assolutamente gratuito realizzando un risparmio di oltre 200.000€.

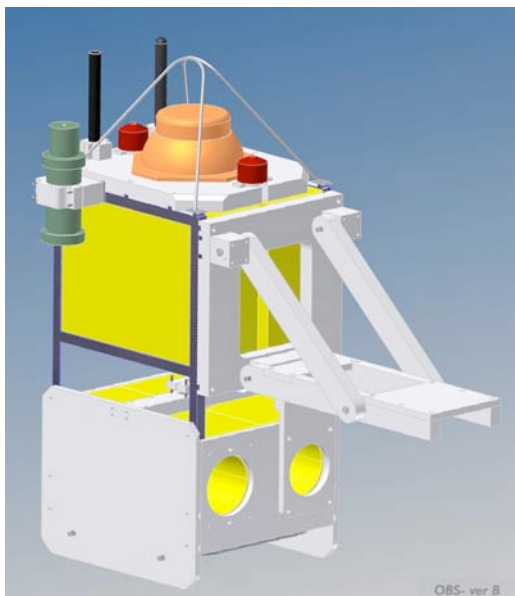
Anno	Importo €
2004	170.800
2005	63.802
2006	95.483
2007	49.883
2008	20.707
2009	103.618
2010	32.423

**Tabella 2.** Fondi investiti.

### Prospettive future

Con l'ultima convenzione DPC-INGV è stata progettata e realizzata la versione "B" dell'OBS/H che presenta le seguenti innovazioni (Figura 2):

- dimensioni più contenute 700x600x1600mm contro i 1200x800x1600mm del suo predecessore;
- potenziamento del pacco batterie;
- inserimento di un *modem* acustico per la comunicazione bidirezionale;
- sviluppo di una scheda GAIA-OBS, in collaborazione con il Laboratorio di Sismologia Sperimentale del CNT, che lo equipaggerà per consentire appunto la comunicazione e un parziale scarico dei dati.

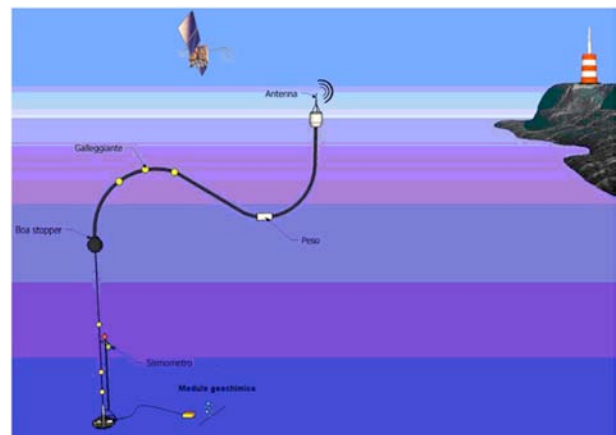


**Figura 2.** OBS/H versione "B".

Le attività fin qui portate avanti sono propedeutiche a quello che rimane l'obiettivo fondamentale riportato nel piano triennale

dell'INGV Obiettivo Specifico 2.5: l'estensione delle reti di monitoraggio all'ambiente sottomarino.

Già da alcuni anni è stato redatto uno studio di fattibilità per la realizzazione di una stazione sismo-acustica *real time* o *near real time* (RTSSS) che consentisse il monitoraggio *offshore* e fosse completamente autonoma e senza dipendenza dalla posa di cavi sottomarini. Lo studio prevede la realizzazione di un modulo sottomarino, opportunamente strumentato e connesso alla superficie del mare mediante un *mooring* composto da un cavo multi coppia armato, una *boa stopper*, un ombelicale *tethered* e una *boa* di superficie (Figura 3).



**Figura 3.** Stazione sismica *real time*.

- il **modulo sottomarino** sarà composto da un telaio per l'alloggiamento dell'elettronica di controllo, del digitalizzatore e del sistema di comunicazione da fondo mare alla superficie. Il sensore sarà deposto ad alcuni metri dal modulo mediante l'utilizzo di una braccio mobile che verrà recuperato alla fine delle operazioni di deposizione;
- il **mooring**, costituito da un cavo multi coppia armato in acciaio inox per i primi 20 metri e da cavo in *nylon* e polipropilene per la restante parte e in proporzioni dipendenti dalla profondità di deposizione. Il cavo conterà il modulo sottomarino alla *boa stopper*;
- la **boa stopper**, posta ad una profondità di circa 150 metri sotto il livello del mare avrà il duplice compito di tenere in posizione sub verticale il cavo, connettere questo all'ombelicale *tethered* (una sorta di cavo spiralato autoportante) di collegamento tra la *boa stopper* e la *boa* di superficie. Il sistema

boa *stopper-cavo tethered* avrà inoltre il compito di smorzare le tensioni indotte dal moto ondoso di superficie al *mooring*, per preservarne la sua integrità. Inoltre un sistema a reticoli di Bragg inserito all'interno del cavo *tethered* monitorerà in continuo le tensioni dovute al carico;

- d. la **boa di superficie** ospiterà al suo interno l'elettronica di superficie, i sistemi di alimentazione ed il sistema di comunicazione costituito in funzione della distanza dalla costa da un collegamento satellitare o WiMAX;
- e. le **procedure di deposizione** prevedono la posa del modulo sottomarino e la messa in mare della boa di superficie da parte di una opportuna imbarcazione dotata di verricello.

A questo punto, da bordo nave, attraverso l'elettronica posta sulla boa di superficie si può dare inizio alle operazioni di messa in funzione della stazione sottomarina.

Il braccio che sostiene il sensore verrà rilasciato e assumerà, per gravità, grazie al peso del sensore, una posizione sub orizzontale. Il sensore verrà sganciato per accoppiarsi ai sedimenti e il braccio, utilizzato per la deposizione si sgancerà per ritornare in superficie (*Figura 4*).



**Figura 4.** Sequenza di deposizione.

## Bibliografia

- Cox C., Deaton T. and Webb S.C. (1984). A Deep-Sea Differential Pressure Gauge. *Journal of Atmospheric and Oceanic Technology*, vol. 1, n. 3, pp. 237-246.
- D'Alessandro A., D'Anna G., Luzio D., Mangano G. (2009a). The INGV's new OBS/H: analysis of the signals recorded at the Marsili submarine volcano. *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, 183, 17-29.
- D'Alessandro A., D'Anna G., Mangano G., Panepinto S., Luzio D. (2009b). Sismicità dell'area Ionica:

un'immagine ottenuta da dati OBS (NERIES, NA6), Riassunti estesi delle comunicazioni, GNGTS, 16-19 novembre 2009, Trieste, vol. 28°.

- D'Alessandro A., Mangano G., D'Anna G. and Luzio D. (2011). Palermo 2010 - Underwater seismic monitoring of the epicenter area of the 6 September 2002 Palermo earthquake, *Geophysical Research Abstracts*, EGU General Assembly, Vienna, Austria, 03-08 April 2011, vol. 13°, 2011, EGU2011-11587.
- D'Anna G., Mangano G., D'Alessandro A., Amato, A. (2007). The new INGV broadband OBS/H: test results on submarine volcano Marsili and future developments. *Geophysical Research Abstracts*, EGU General Assembly, Vienna, Austria, 15-20 April 2007, vol. 9°, ISBN/ISSN: 1029-7006.
- D'Anna G., Mangano G., D'Alessandro A., D'Anna R., Passafiume G. and Speciale S. (2008a). First long time OBS campaign in the Ionian Sea, *Rapporti Tecnici INGV N°72*.
- D'Anna G., Mangano G., Amato A., D'Alessandro A., Piana Agostinetti N. and Selvaggi, G. (2008b) First INGV BBOBS Campaign in the Ionian Sea: Crustal Velocity Model Inferred from Seismic Data Recorded, 31<sup>st</sup> General Assembly of ESC, Crete (Greece), 7-12 September, 2008.
- D'Anna G., Mangano G. and D'Alessandro A. (2008c). Ionian Sea OBS observation, *NERIES Newsletter*, n. 4, October 2008.
- D'Anna G., Mangano G., D'Alessandro A., D'Anna R., Passafiume, G., Speciale, S., Selvaggi, G., Margheriti, L., Patanè, D., Luzio, D., Calò, M. (2008d). Messina 1908-2008 progetto di ricerca integrato sull'area calabro-peloritana: la campagna OBS/H. Riassunti estesi del convegno: 1908-2008: scienza e società a cento anni dal grande terremoto, 10-12 dicembre 2008, Reggio Calabria.
- D'Anna G., Mangano G., D'Alessandro A., D'Anna R., Passafiume, G., Speciale S., Amato, A. (2009a). Il nuovo OBS/H dell'INGV. *Quaderni di Geofisica N°65*, ISSN 1590-2595.
- D'Anna G., Mangano G., D'Alessandro A., D'Anna R., Passafiume G., Speciale S., Passarello S. (2009b). Progetto Messina 1908-2008 rapporto della campagna OBS nell'area eoliana e dello Stretto di Messina. *Rapporti Tecnici INGV N°98*.
- D'Anna G., Mangano G. and D'Alessandro A. (2010). The OBS experience at INGV, *NERIES-ESONET OBS-Marine Seismology Workshop*, 11-12 Feb. 2010, Paris, France.
- Mangano G. and D'Anna G. (2009). Procedura di posizionamento dell'OBS/H sul fondo del mare mediante triangolazione con transponder acustico. *Rapporti Tecnici INGV N°90*.
- Margheriti, L. & Messina Team, 2008. Understanding Crust Dynamics and Subduction in Southern Italy, *Eos Trans. AGU*, 89 (25), 225-226.
- Moretti M. et al. (2010). "Messina 1908-2008" Progetto di ricerca integrato sull'area Calabro - Peloritana: l'esperimento di sismica passiva". *Quaderni di Geofisica INGV N°84*.



- Nanometrics. (April 2006). Trillium 120P Broadband Seismometer, User Guide, Nanometrics Inc. Kanata, Ontario, Canada, Rev. 15149R3, 27.
- Webb S.C. (1998) Broad seismology and noise under the ocean, Rev. Geophys., vol. 36, pp. 105-142.
- Webb S.C. (2002). Seismic noise on land and on the sea floor, in International Handbook of Earthquake and Engineering Seismology, Ed. Lee, W,HK, Kanamori, H., Jennings, P.C., Kisslinger, C., Academic Press.
- Wooding F. B., Peal K.R., Hallinan J.T. and Collins J.A.. (1998). ORB-A new ocean bottom seismic data logger, Oceans 1998 MTS/IEEE Conference Proceedings, 28 Sept-1, Oct Nice (THF 4-2).

## LA STAZIONE MULTIPARAMETRICA CUMAS NEL GOLFO DI POZZUOLI

Sergio Guardato

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

### Introduzione

Il sistema CUMAS (*Cabled Underwater Module for Acquisition of Seismological data*) è un prodotto tecnologico-scientifico complesso nato con il Progetto V4 [Iannaccone et al., 2008] allo scopo di monitorare l'area vulcanica dei Campi Flegrei (fenomeno del bradisismo).

Si tratta di un modulo sottomarino cablato e connesso a una boa galleggiante (meda elastica). Il sistema è in grado di acquisire e trasmettere alla sala di monitoraggio dell'OV, in continuo e in tempo reale, sia i segnali sismologici sia quelli di interesse geofisico ed oceanografico (maree, correnti marine, segnali acustici subacquei, parametri funzionali di varia natura).

Il sistema è in grado di ricevere comandi da remoto per variare diversi parametri di acquisizione e di monitorare un cospicuo numero di variabili di funzionamento.

Il sistema si avvale del supporto di una boa galleggiante attrezzata. La boa è installata a largo del golfo di Pozzuoli (Napoli) a circa 3 km dalla costa. Il modulo sottomarino, collegato via cavo alla parte fuori acqua della boa, è installato sul fondale marino a una profondità di circa 100 metri.

### Descrizione sintetica

La meda elastica consiste in una struttura fuori acqua solidale ad un palo della lunghezza di 20 metri circa, con un galleggiante in vetroresina con spinta di 7 tonnellate. Alla base del palo vi è un occhione cui è collegato un cavo meccanico antitorsione che è fissato ad una base-zavorra di calcestruzzo di 17 tonnellate posta sul fondale marino (*Figura 1*).

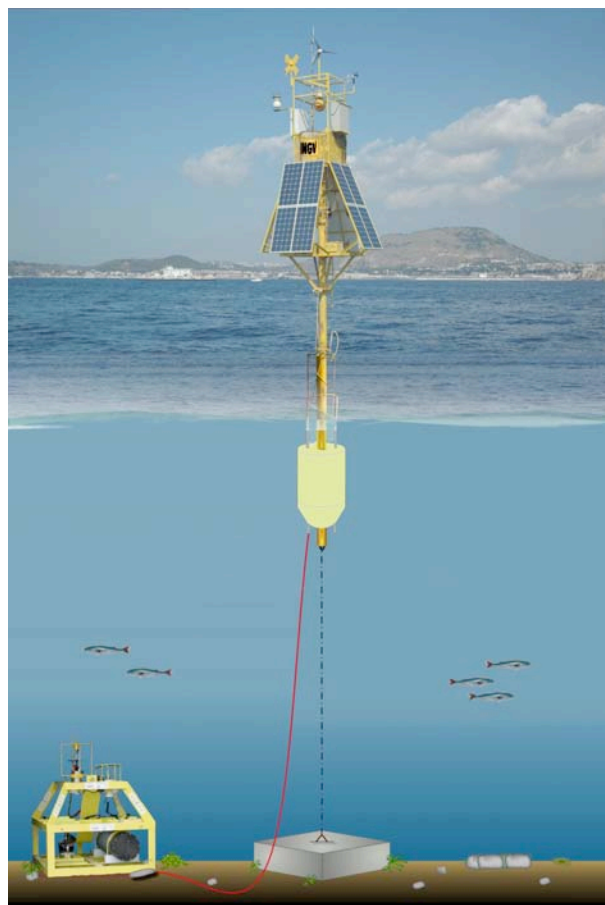
La struttura è interamente in acciaio inossidabile (AISI 316). La parte fuori acqua è corredata da un sistema di alimentazione autonomo e da un certo numero di sensori.

Il sistema di alimentazione consiste in 16 pannelli fotovoltaici da 120 W, montati sui quattro lati del cestello della meda in griglie 2x2, un generatore eolico da 400 W e 6 batterie a 12 V da 110 Ah

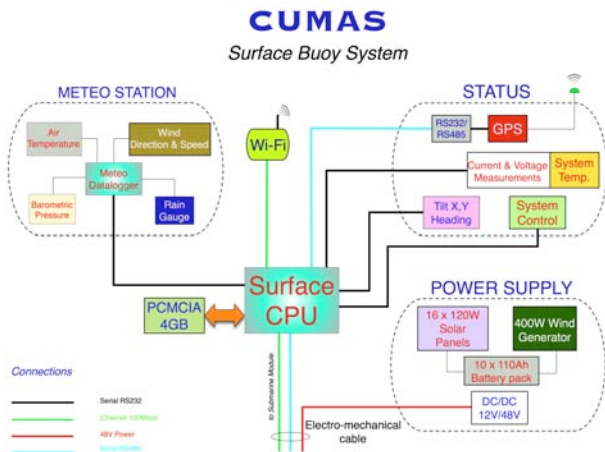
installate all'interno di due casse metalliche a tenuta stagna.

Sul cestello sono presenti due quadri elettrici a tenuta stagna. In uno di questi vi sono installati 5 regolatori di carica per i pannelli fotovoltaici ed una scheda elettronica in grado di misurare la potenza erogata dai pannelli fotovoltaici assieme a quella fornita dal generatore eolico e la potenza dissipata dall'intero sistema.

In un altro quadro elettrico sono installati una stazione meteorologica, una CPU, sensori di stato ed il sistema di distribuzione dell'alimentazione al modulo sottomarino (*Figura 2*).



**Figura.1** La stazione multiparametrica del sistema CUMAS.



**Figura 2.** Schema a blocchi dell'elettronica fuori acqua.

Il nucleo di controllo del sistema fuori acqua è costituito da una CPU (Moxa, UC7408LX) con sistema operativo *Linux*. La CPU è dotata di una scheda di memoria PCMCIA di 4GB per l'archiviazione locale dei dati, di due porte *ethernet* e di 8 porte seriali RS232/422/485.

La CPU gestisce attraverso cinque porte seriali: la lettura delle stringhe NMEA provenienti da un ricevitore GPS; la lettura delle acquisizioni effettuate dal *datalogger* meteo (Campbell Scientific, CR200); le letture provenienti da un sensore di *heading* e *tilt* (*Falmouth, Ostar Compass*); la lettura dei valori di potenza erogata dai pannelli fotovoltaici e dal generatore eolico, e la potenza assorbita dall'intero sistema; la lettura dei valori di temperatura del sistema, della tensione di alimentazione e della corrente assorbita dal modulo sottomarino provenienti da una scheda di stato.

Il sistema di distribuzione delle alimentazioni del modulo sottomarino è costituito da un DC-DC *step-up* da 12V a 48V@75W.

La stazione meteo è composta da un acquisitore e dai seguenti sensori: velocità e direzione del vento, temperatura dell'aria, pressione atmosferica, misuratore della quantità di pioggia caduta e sensore pirometrico di misura della radiazione solare [Guardato et al., 2010].

La comunicazione con il modulo sottomarino e la distribuzione del segnale GPS [Guardato et al., 2008] e del flusso dati *ethernet* a 100 Mbit/s, avvengono mediante l'ausilio di un cavo elettromeccanico lungo 125 metri con diametro esterno di 23 mm formato da: una coppia AWG16 per l'alimentazione del modulo, 3 coppie AWG24 CAT5-100Ω per il canale *ethernet* e 4 coppie

AWG22 per i segnali RS485 provenienti dal ricevitore GPS esterno.

Il cavo presenta all'estremità in acqua una terminazione a trazione meccanica del tipo *Evergrip*, usata per la movimentazione ed il varo del modulo sottomarino, ed un ombelicale a cui sono collegati tre connettori subacquei.

La boa è segnalata con un faro notturno e con miraglio e riflettore diurno. Per l'alimentazione del faro sono presenti un ulteriore pannello fotovoltaico da 50W con un apposito regolatore di carica ed una batteria da 80 Ah al Pb-Gel installate in una cassa stagna fissata sul cestello.

All'interno di quest'ultima è presente anche il sistema di trasmissione Wi-Fi a 2.4 GHz dei dati in tempo reale presso la sala di monitoraggio dell'OV (Bridge Cisco, Aironet 1300).

### Il modulo sottomarino

Il modulo sottomarino consiste in una struttura meccanica di forma tronco-piramidale a *frame* aperto, di volume pari a circa 1 m<sup>3</sup> e massa di circa 400 kg (Figura 3). Su parte della base della struttura sono presenti un cilindro di alluminio a tenuta stagna ed un velocimetro OBS a larga banda (*Güralp, CMG-40T*). Sulla struttura stessa sono presenti, inoltre: pressostato ad elevata risoluzione (*Paroscientific, 8CDP200*), idrofono a bassa frequenza (*SensorTech, SQ03*) e correntometro puntuale a tre componenti (*Falmouth, 3DACM*).

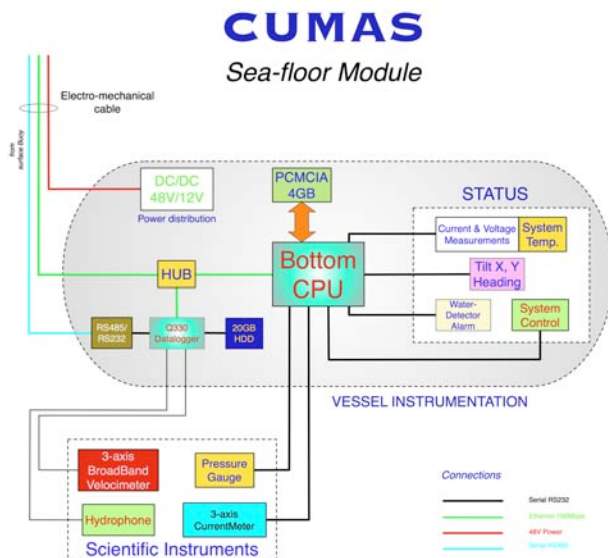


**Figura 3.** Il modulo sottomarino strumentato.

All'interno del cilindro (Figura 4) è presente un DC-DC *step-down* da 48V a 12V@50W ed una scheda dedicata alla ricezione seriale dei dati del GPS installato sul cestello della meda.

L'acquisizione dei dati è affidata ad un acquisitore

a sei canali con 24-bit di risoluzione (*Kinematics*, Quanterra Q330). È presente inoltre una CPU con sistema operativo *Linux* (Moxa, UC-7408LX) dedicata all'acquisizione dei segnali geofisici, delle variabili di stato e funzionamento del modulo.



**Figura 4.** Schema a blocchi dell'elettronica del modulo sottomarino.

Trovano spazio nel cilindro: un sensore di *heading* e di *tilt* per il monitoraggio di eventuali movimenti del modulo e dei sensori che riportano lo stato del sistema (temperatura, corrente assorbita ed allarme intrusione acqua) [Iannaccone et al., 2009].

All'acquisitore Q330 sono collegati l'idrofono (un canale) ed il velocimetro OBS (tre canali). Il pressostato ed il correntometro sono gestiti dalla CPU attraverso due porte seriali dedicate.

### Archiviazione e visualizzazione dei dati

L'obiettivo del sistema di gestione dei dati di CUMAS è stato quello di mettere insieme tutti i flussi di dati tra loro eterogenei (sismologici, geofisici e di stato del sistema) in un unico archivio di dati, per poi integrarli nel sistema di gestione dati dell'OV [Vassallo et al., 2006; Iannaccone et al., 2010].

Il sistema di archiviazione dei dati è stato sviluppato utilizzando *Earthworm* (V. 7.1), *software* usato anche per la gestione dei dati provenienti dalle stazioni sismiche della rete dei Campi Flegrei [vedi Orazi et al., 2011a - in questo volume].

Per la memorizzazione dei dati su disco è stato sostituito il modulo *standard Earthworm*

(*WaveServerV*) con un *software* dedicato, *Winston* (V. 1.1). Questo pacchetto *software* supera alcune limitazioni del modulo di *Earthworm*, come ad esempio la dimensione massima di *record* di dati su disco. Inoltre, offre alcune caratteristiche aggiuntive, come il recupero dei dati compressi e la visualizzazione dinamica dei dati.

Il sistema di gestione dei dati è implementato su un *server* dedicato installato nella sala di sorveglianza sismica. Su di esso gira un sistema operativo *Linux* (*Debian*, V. 4.0) con i seguenti componenti aggiuntivi:

- *Earthworm* con i moduli *software* di acquisizione ed elaborazione in tempo reale dei dati;
- *Winston* dedicato all'importazione dei dati da *Earthworm* ed alla loro memorizzazione su disco. Questo programma implementa anche il *server* di *Winston Wave Server*, sostituendo il modulo *standard Earthworm Wave Server*, che si occupa di servire i dati registrati alle applicazioni *client*;
- un *database* MySQL richiesto da *Winston* per memorizzare i dati.

Infine, un'interfaccia utente basata su *web* per i dati, attuata attraverso *script CGI* sotto *Apache Web Server*, è in grado di visualizzare ogni canale in un intervallo di tempo selezionato dall'utente come un *helicorder* virtuale, che consente anche il *download* dei dati registrati come file in formato SAC.

### Bibliografia

- Guardato S. and Iannaccone G. (2008). RS-485 Interface for the GPS of the Kinematics dataloggers, Project V4 - TASK 3 - Real-time observations and measurements, in "Conception, verification and application of innovative techniques to study active volcanoes". Edited by W. Marzocchi and A. Zollo, 391-398.
- Guardato S. and Vassallo M. (2010). La gestione dei dati meteo della stazione sismica marina multiparametrica CFSB. Rapporti Tecnici INGV N°143.
- Iannaccone G., Guardato S., Vassallo M. and Beranzoli L. (2008). CUMAS (Cabled Underwater Module for Acquisition of Seismological data): a new seafloor module for geohazard monitoring of the Campi Flegrei volcanic area, Project V4 - TASK 3 - Real-time observations and measurements, in "Conception, verification and application of innovative techniques to study active volcanoes". Edited by W. Marzocchi and A. Zollo, 417-425.
- Iannaccone G., Guardato S., Vassallo M., Elia L. and Beranzoli L. (2009). A New Multidisciplinary Marine Monitoring System for the Surveillance of Volcanic and Seismic Areas. *Seismological Res. Let.*, Vol. 80, No. 2, March/April 2009, 203-213.

- Iannaccone G., Vassallo M., Elia L., Guardato S., Stabile T. A., Satriano C., and Beranzoli L. (2010). Long-term Seafloor Experiment with the CUMAS Module: Performance, Noise Analysis of Geophysical Signals, and Suggestions about the Design of a Permanent Network. *Seismological Research Letters*, Vol. 81, No. 6, November/December 2010, 916-927.
- Vassallo M., Bobbio A. and Iannaccone G. (2006). Analysis of broad band seismic data acquired under the sea of Pozzuoli Gulf (Southern Italy). European Geophysical Union General Assembly, Wien.

## L'AQUISITORE A BASSO CONSUMO GILDA

Massimo Orazi, Rosario Peluso, Marcello Martini, Ciro Buonocunto,  
Marco Capello, Antonio Caputo

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

### Introduzione

I sistemi e le tecniche di studio e monitoraggio dei vulcani hanno avuto, negli ultimi decenni, un notevole sviluppo dal punto di vista scientifico e tecnologico spingendosi sempre più verso l'acquisizione di dati multiparametrici. I vulcani, in quanto sistemi geofisici complessi, generano segnali di vario tipo come quelli sismici, geofisici, geodetici, infrasonici, ecc. L'acquisizione di tali segnali avviene spesso in ambienti poco favorevoli sia dal punto di vista logistico che tecnologico a causa della necessità di installare i sistemi di acquisizione in luoghi remoti e non serviti da alimentazione di rete. Si pensi a tal proposito alla necessità di installare strumenti per il monitoraggio in zone vulcaniche sommitali o in ambiente sottomarino.

In questo contesto gli strumenti di acquisizione di tipo commerciale possono non rispondere appieno alle richieste operative dettate da queste condizioni limite. Questo perché le aziende commerciali sono orientate a produrre strumentazione per un bacino di utenza o *target* commerciale, il più vasto possibile realizzando di fatto sistemi "chiusi" o comunque poco flessibili.

In base a queste considerazioni, presso l'OV si è deciso di intraprendere lo studio e la progettazione in proprio di un sistema di acquisizione orientato all'applicazione in ambiente vulcanico. Tale progetto è stato denominato GILDA (*Geophysical Instruments for Low power Data Acquisition*). Tra gli obiettivi tecnici di progetto di questo acquisitore i più importanti sono stati fissati in: basso consumo, elevata risoluzione e dinamica, modularità del sistema, flessibilità di impiego, uso multiparametrico. Come obiettivo strategico e di lungo periodo va considerato che tale progetto restituisce all'INGV un significativo ritorno in termini economici, grazie al costo di realizzazione contenuto per un prodotto di tale classe, alla semplicità di gestione grazie alla possibilità di intervenire autonomamente sulla propria strumentazione. È infine di grande importanza il *know-how* tecnologico acquisito dall'INGV nel contesto di questo progetto. Un primo prototipo di *datalogger* è stato realizzato nel 2006 [Orazi et al., 2006; 2008].

### Primo passo del progetto: il *datalogger* GILDA

Nell'ambito del progetto GILDA il primo passo è stato la realizzazione di un *datalogger* (Figura 1) composto di più schede elettroniche con la seguente architettura:

- una scheda ADC per l'acquisizione di segnali ad alta risoluzione ed elevata dinamica;
- una scheda microcontrollore o MCU (*Micro Controller Unit*) dedicata alle funzioni logiche e di alto livello del sistema;
- una scheda PLL (*Phase Locking Loop*) per le funzioni di temporizzazione e di correlazione del tempo con il tempo UTC;
- una scheda GPS per ricavare le informazioni temporali;
- una scheda madre di interconnessione delle schede sopra descritte con funzioni di alimentazione.

L'architettura del sistema basata su schede è alla base della modularità richiesta. Un esempio in questo senso è la possibilità di utilizzare un modulo di comunicazione per poter collocare il ricevitore, e non necessariamente la sola antenna GPS, a grande distanza dall'acquisitore.

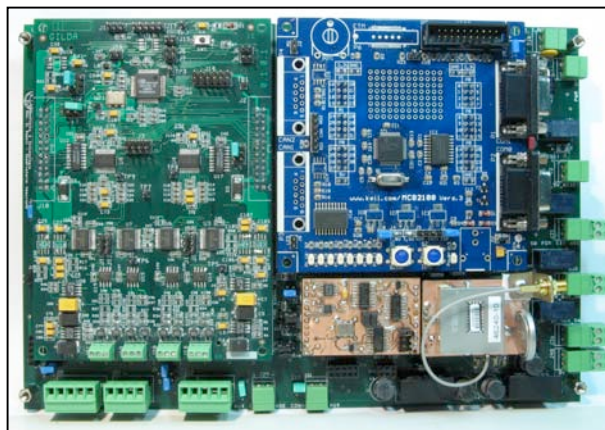


Figura 1. *Datalogger* GILDA.

Tale architettura ha permesso in fase di progettazione uno sviluppo per passi successivi nel procedere verso l'integrazione del sistema completo permettendo di abbattere i costi di

riprogettazione dei prototipi dei singoli moduli. Inoltre in caso di guasto consente di sostituire il singolo modulo velocemente e con grande risparmio economico.

Il costo finale di produzione di un singolo *datalogger* GILDA è di circa 2000 €.

### Caratteristiche del sistema GILDA

Le caratteristiche principali del *datalogger* sono:

#### Sezione ADC

1. ADC principale a 24 *bit* basato sul *chipset* Sigma-Delta CIRRUS CS5376A-CS5372:
  - 4 canali *fully differential*;
  - massima ampiezza di ingresso 40Vpp ( $\pm 10V$  per linea bipolare);
  - *On/Off* sul singolo canale;
  - *sampling rate* massimo di 1000 sps per 1 canale o 250 sps per 4 canali, *sampling rate* minimo 1 sps;
  - amplificazione di ingresso canale impostabile singolarmente in 1x, 2x, 4x, ..., fino a 64x.
  - 2 stadi di filtri FIR a 255 coefficienti e 3 di filtri IIR a 8 coefficienti programmabili dall'utente;
  - modalità *low power*.
2. ADC secondario a 8 canali a 12 *bit* per acquisizione di parametri secondari di cui 3 ingressi con funzionalità di misura corrente assorbita dal sistema, corrente esterna, tensione batterie.

#### Sezione MCU

- Microcontrollore a 32 *bit* con architettura ARM7;
- 1 porta seriale RS232 di comunicazione dati/comandi e 1 porta seriale per aggiornamento *firmware*;
- LED di visualizzazione condizioni operative;
- dati in formato proprietario.

#### Sezione PLL

- oscillatore con controllo in tensione VCXO;
- circuito di generazione di segnale *Pulse Per Second* (PPS) interno;
- aggancio di fase con algoritmo proporzionale-derivativo (PD) con un errore massimo di  $\pm 300$  ns.

#### Sezione GPS

- Modulo OEM TRIMBLE a basso consumo controllato dal MCU.

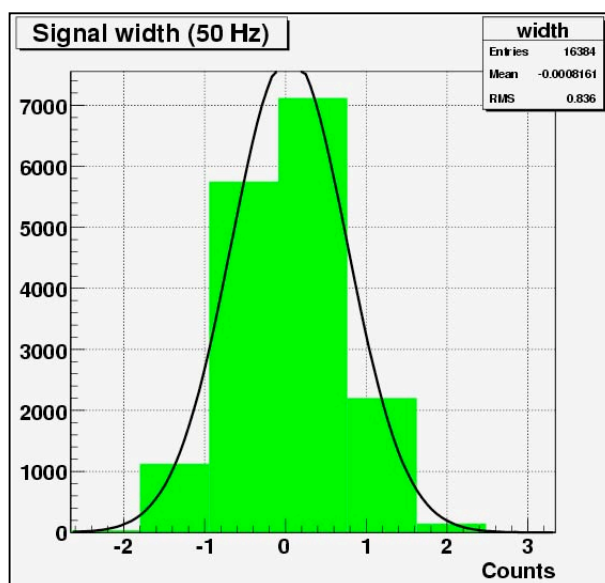
#### Software a corredo

- *plugin* per acquisizione dati in ambiente *Earthworm*.

### Prestazioni del sistema GILDA

Il sistema *datalogger*, come verificato in prove di laboratorio, presenta le seguenti prestazioni:

- consumo di 850 mW per 4 canali @ 100 sps (GPS attivo);
- consumo di 650 mW per 4 canali @ 50 sps con massimo risparmio di potenza (GPS attivo).
- rumore conversione:  $\sim 333$  nV @ 50 sps pari a 0.84 LSB (1 LSB = 397nV) (*Figura 2*);
- SNR 134.5 dB @ 50sps; ENOB  $\sim 22$  bit.



**Figura 2.** Figura di rumore in un canale GILDA con ingressi su resistenza da 50 ohm.

### Impiego attuale e sviluppi futuri

Il *datalogger* GILDA è attualmente utilizzato come acquirente per le nuove installazioni e per la conversione da analogico a digitale delle stazioni sismiche gestite dall'OV [vedi Orazi et al., 2011b - in questo volume]. Ad oggi 22 acquirenti sono operativi sulle reti di monitoraggio sismico del Vesuvio [Giudicepietro et al., 2010], Campi Flegrei, Ischia e Stromboli [De Cesare et al., 2009] dove acquisiscono in tempo reale segnali velocimetrici, accelerometrici, infrasonici, idrofonici [Guardato et al., 2010] e di tipo elettromagnetico sia in campagna che in configurazione OBS sul sistema miniCUMAS [vedi Guardato, 2011 - in questo volume].

Allo stato attuale sono stati sviluppati i moduli e il relativo *software* per la gestione di più *datalogger* con un unico modulo GPS, un modulo di delocalizzazione del GPS, un modulo di

conversione seriale RS232-*Ethernet* o Wi-Fi mentre è in fase di sviluppo il modulo *hardware* con il relativo *software* per la memorizzazione in locale su memoria dedicata fino a 32 GB. Sviluppi futuri prevedono l'estensione a 16 canali della sezione di acquisizione ad alta risoluzione.

**Ringraziamenti.** Questo lavoro è stato realizzato con il contributo dell'INGV e del Dipartimento della Protezione Civile.

## **Bibliografia**

- De Cesare W. Et al (2009). The broadband seismic network of Stromboli Volcano, Italy. *Seismological Research Letters*, 80(3): 435-439.
- Giudicepietro F. et al., (2010). Seismological monitoring of Mount Vesuvius (Italy); more than a century of observations. *Seismological Research Letters*, 81(4):625-634.
- Guardato S., Orazi M., Caputo A., Buonocunto C. (2010). Installazione di un mini-sistema DAQ con idrofono su fondale marino in acque basse. *Rapporti Tecnico INGV N°139*.
- Orazi M., Peluso R., Caputo A., Capello M., Buonocunto C, Martini M., (2008). A multiparametric low power digitizer: project and results. In: *Conception, verification and application of innovative techniques to study active volcanoes*, Warner Mazzocchi and Aldo Zollo (eds.), ISBN 978-88-89972-09-0 ©2008 INGV, pp. 435-460.
- Orazi M., Martini M. and Peluso R.. (2006) Data Acquisition for Volcano Monitoring. *EOS, Transactions, AGU Vol.88, No. 38, 19 september 2006*, pp. 385-392.



## SISTEMI DI ALIMENTAZIONE RSN CENTRO - SUD

Ciriaco D'Ambrosio

*Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia, Centro Nazionale Terremoti*

### Introduzione

Nell'ambito delle attività di manutenzione ordinaria dei siti della RSN [vedi Delladio, 2011 - in questo volume] sono stati avviati lavori di ottimizzazione dei sistemi di alimentazione basati su moduli fotovoltaici.

Tali lavori hanno riguardato principalmente l'adeguamento della sezione dei cavi, la sostituzione dei regolatori di carica con dispositivi più performanti, la riduzione dell'amperaggio complessivo delle batterie, portato dagli iniziali circa 700 Ah, a non più di 450 Ah ed è stata avviata la sperimentazione di moduli in silicio amorfo a *film* sottile.

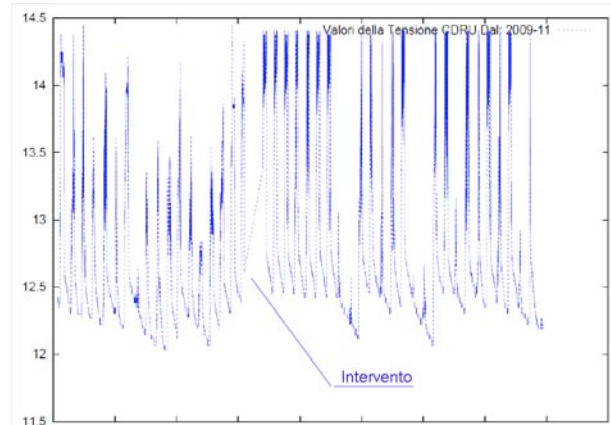
### Effetto dell'adeguamento

La semplice sostituzione dei cavi, utilizzati per interconnettere i regolatori di carica ai moduli fotovoltaici e l'adeguamento dell'amperaggio complessivo delle batterie, portano ad un netto miglioramento dell'efficienza dell'impianto come si vede dal grafico riportato in *Figura 1*.

L'obiettivo che ci siamo prefissati è garantire una fonte di alimentazione sufficiente, senza incidere per lunghi periodi sulla riserva costituita dalle batterie, anche in condizioni di bassa insolazione. Ciò è in parte possibile utilizzando moduli fotovoltaici in silicio amorfo, caratterizzati da buoni rendimenti in caso di scarsa luminosità, regolatori di carica *Maximum Power Point Tracking* (MPPT, *Figura 2*) ed aumentando le tensioni del sistema in modo da ridurre le correnti e di conseguenza le cadute di tensione sui cavi.

### Esperimento in corso

Presso la sede Irpinia a Grottaminarda è attualmente in corso un *test* per la verifica del rendimento dei moduli fotovoltaici in silicio amorfo *film* sottile associati a dei regolatori di carica MPPT. Sono state utilizzate le seguenti componenti:



**Figura 1.** Comparazione dei valori di voltaggio delle batterie prima e dopo l'intervento.

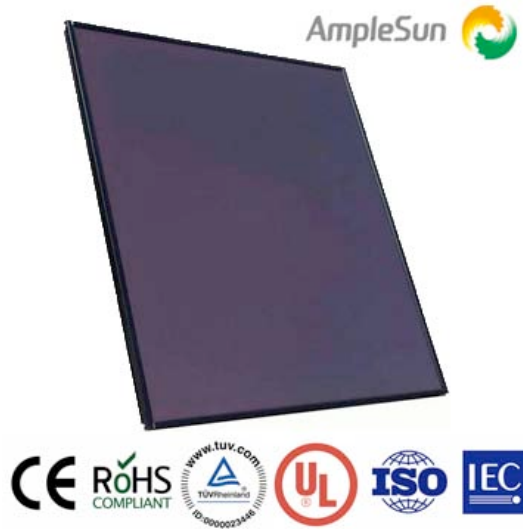


**Figura 2.** Regolatore di carica MPPT.

- regolatore di carica *Phocos*<sup>1</sup> MPPT100/30 capace di gestire correnti fino a 30 A e voltaggi, in ingresso dai moduli fotovoltaici, fino a 95V;
- moduli fotovoltaici in silicio amorfo *film* sottile AMPLESUN<sup>2</sup> 100 W caratterizzati da tensioni di 77 V alla potenza massima e di circa 100 V a circuito aperto (*Figura 3*);
- batteria ermetica al piombo 42 Ah;
- GAIA2 come carico (circa 500 mA) e come *datalogger*.

<sup>1</sup>[http://www.phocos.com/datasheet\\_sm\\_mppt.html](http://www.phocos.com/datasheet_sm_mppt.html)

<sup>2</sup><http://www.ample-sun.com>



**Figura 3.** Modulo fotovoltaico.

## Conclusioni

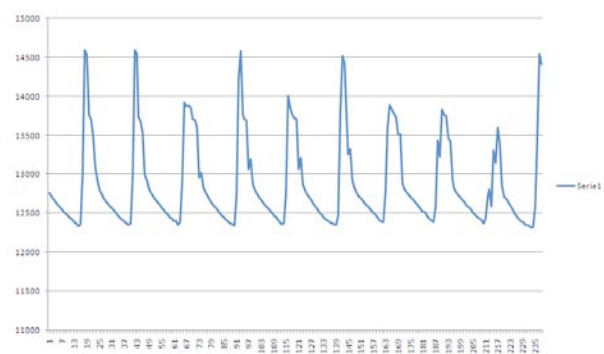
I vantaggi che ci aspettiamo di ottenere da tali interventi sono così sintetizzabili:

- evitare i lunghi periodi di fermo di alcune stazioni, durante i periodi di bassa insolazione (dicembre-gennaio);
- avere una tensione di 24 V sulle batterie che ci consenta di alimentare il modem *ASTRA2Connect* tramite un *DC/DC Converter 24/15*;
- avere una forte riduzione dei costi in quanto per i moduli in silicio amorfo, utilizzati comunemente per gli impianti connessi alla rete, si spende circa 1/3 del costo degli attuali moduli in uso;
- avere una riduzione del numero e della capacità delle batterie.

I risultati sinora ottenuti sono molto incoraggianti come è possibile osservare nel grafico riportato in *Figura 4*.

Il grafico mostra l'andamento del valore della tensione sulla batteria per un intervallo di tempo pari a circa 10 giorni. È stato scelto un periodo particolarmente critico caratterizzato da giornate cupe e piovose e le condizioni di esposizione sono state volutamente peggiorate collocando il modulo in ombra.

Si può subito notare che la tensione, nei giorni più cupi, non raggiunge i valori massimi impostati ma arriva a valori molto prossimi; nel caso di moduli monocristallini o policristallini e regolatori di carica tradizionali per tali giorni si avrebbe avuto una carica prossima a zero o trascurabile.



**Figura 4.** Grafico dei primi risultati.

## SISTEMI DI ALIMENTAZIONE DELLA RETE ALTA VAL TIBERINA

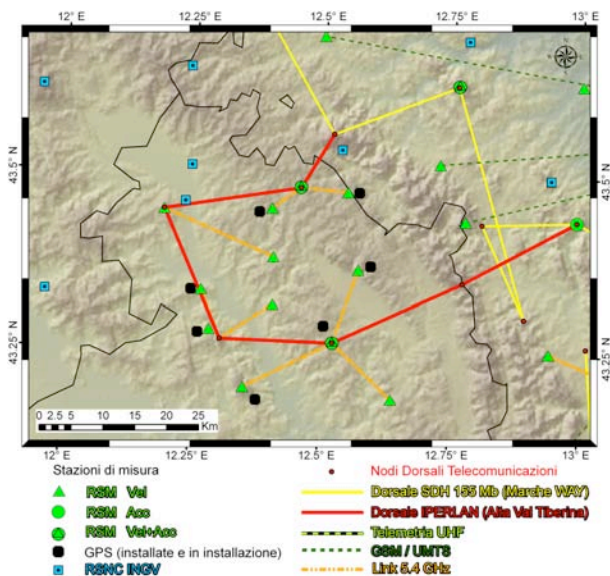
Marco Cattaneo, Ezio D'Alema, Massimo Frapiccini,  
Simone Marzorati, Giancarlo Monachesi

*Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia, Centro Nazionale Terremoti*

### Introduzione

Nell'ambito del progetto FIRB-Airplane [“Piattaforma di ricerca multidisciplinare su terremoti e vulcani”, fondi MIUR 2007-2011 responsabili: Cocco, Amato e Stucchi<sup>1</sup>] dalla seconda metà del 2009 è stata installata una rete densa di stazioni sismiche nell'area dell'Alta Val Tiberina (AVT, *Figura 1*), i cui dati in continuo vengono trasmessi alla sede di Ancona del CNT attraverso una dorsale Wi-Fi HYPERLAN [Monachesi e Cattaneo, 2010].

La rete è stata progettata cercando di rispettare alcuni criteri, tra cui: controllo continuo della funzionalità delle singole stazioni, flessibilità nella scelta dei siti, riduzione del rischio di fulminazioni, possibilità di abbinare stazioni sismiche e stazioni geodetiche. A tal fine sono stati adottati strumenti a basso consumo per quel che riguarda acquisitori e sistemi di trasmissione, accompagnati dall'utilizzo di sistemi di alimentazione autonomi e sistemi di telecontrollo (*Figura 2*).



**Figura 1.** Schema della rete di trasmissione in AVT e della strumentazione geofisica presente.

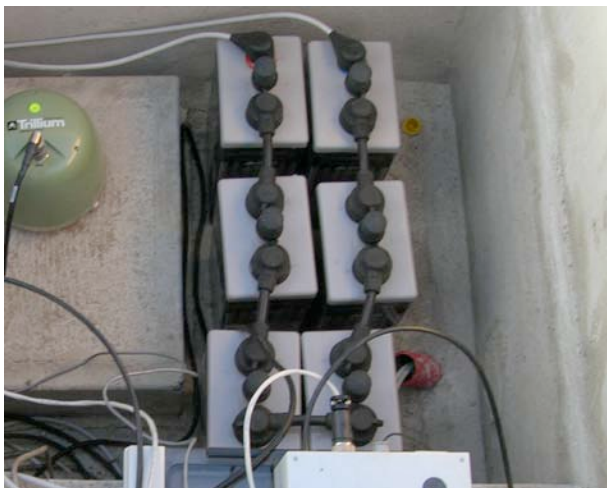


**Figura 2.** Esempio di apparati radio e pannelli solari utilizzati nelle stazioni della rete AVT.

### Dotazione strumentale e consumi

Le stazioni che compongono la rete AVT sono equipaggiate con acquisitori GAI A2 e con sensori velocimetrici a larga banda (*Trillium 40s*) oppure con sensori *short period* estesi elettronicamente (*Lennartz LE-3D/5s*). In alcuni siti (pallini neri di *Figura 1*), la stazione sismica è stata affiancata da una stazione geodetica, che ha comportato ovviamente un aumento dei consumi complessivi. Dovendo rispondere a severe esigenze logistiche dei siti remoti, non allacciati alla rete elettrica, le stazioni sono state alimentate attraverso l'utilizzo di pannelli solari e batterie (*Figura 3*). Una stazione remota ha un consumo medio stimato dell'ordine di 10-15 W, a seconda della presenza della sola stazione sismica o della co-presenza della stazione geodetica; inoltre il consumo dipende dalla lunghezza della tratta radio che dev'essere percorsa dal segnale trasmesso; una lunghezza maggiore determina la necessità di una potenza maggiore di trasmissione e quindi l'aumento dei consumi. Ogni sito è dotato di celle solari per una produzione complessiva di 300 W e di una serie di batterie da 300 Ah.

<sup>1</sup> [http://portale.ingv.it/portale\\_ingv/l-ingv/progetti/progettatur](http://portale.ingv.it/portale_ingv/l-ingv/progetti/progettatur)



**Figura 3.** Serie di batterie in dotazione alle stazioni della rete AVT.

In due casi, a causa di problemi tecnici, è stato necessario sostituire il complesso di batterie da 300 Ah a 240 Ah.

Nei nodi della dorsale delle telecomunicazioni sono installate più radio. In questo caso i consumi sono dell'ordine dei 20 W. Quindi, dove possibile, sono stati sfruttati siti dotati di alimentazione a 220 V. Questo non è stato possibile nei casi di Monte Castellaccio e Monte Acuto, dove, data la loro importanza strategica, sono stati installati dei pannelli da 360 W e delle batterie da 420 Ah e, come meglio descritto nel paragrafo successivo, affiancati da celle a combustibile.

### **Celle a metanolo**

In alcuni siti strategici della rete, come i nodi della dorsale Wi-Fi, dove non è disponibile la corrente a 220 V, le condizioni climatiche invernali rendono insufficiente l'alimentazione fotovoltaica, provocando periodi di non funzionamento delle stazioni. Per ovviare al problema, a supporto dei pannelli solari è stata installata una cella a metanolo.

Il prodotto utilizzato è l'EFOY<sup>2</sup> Pro 1600 come quella visualizzata in *Figura 4*.

La cella a metanolo viene collegata con la serie di batterie che alimentano la stazione e si attiva a seconda delle condizioni di tensione. Infatti, l'EFOY Pro 1600 può essere configurata per attivarsi quando la tensione di alimentazione scende al di sotto di una soglia prestabilita.

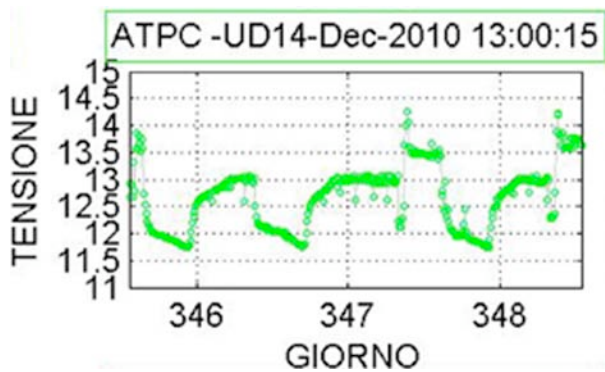


**Figura 4.** Sito di Poggio Castellaccio (ATPC). Esempio di installazione di EFOY Pro 1600 a supporto dei pannelli solari.

A questo punto la cella inizia ad alimentare la stazione, ricaricando le batterie fino ad una soglia di tetto oltre la quale il motore della cella si spegne, risparmiando carburante.

Nell'utilizzo misto pannelli solari - cella a metanolo, l'andamento della tensione è quello mostrato in *Figura 5*, dove è visibile come durante il giorno Giuliano 346 è assente l'irraggiamento solare. La cella, quindi, carica la stazione durante la notte fino alla soglia di tetto (13 V) e poi si spegne, lasciando la stazione alimentata dalle sole batterie. Successivamente, a causa dei consumi la tensione scende, fino alla soglia inferiore di circa 11.5 V, momento in cui la cella si riattiva e rincia a caricare le batterie. A metà del giorno 347, l'irraggiamento solare permette la carica delle batterie attraverso i pannelli fotovoltaici, i quali alimentano la stazione con una tensione al di sopra della soglia tetto della cella, la quale in quel momento è disattivata e rimarrà in tale stato fino al raggiungimento della soglia inferiore di tensione. Quando le condizioni meteo avverse persistono e i pannelli solari non riescono a ricaricare le batterie, la cella a metanolo si attiva tutti i giorni con conseguente consumo di carburante. L'esperienza acquisita nell'inverno 2010-2011 indica un consumo medio di carburante di circa 10 litri ogni 25 giorni.

<sup>2</sup> [www.efoy.com](http://www.efoy.com)



### Bibliografia

Monachesi, G. e Cattaneo M. (2010). La dorsale radio WI-FI per il monitoraggio multiparametrico in Alta Val Tiberina, Rapporti Tecnici INGV N°129.

**Figura 5.** Pannello di controllo della tensione alla stazione ATPC (Poggio Castellaccio).

La visualizzazione dello stato di carica delle batterie come quello mostrato in *Figura 5*, è indispensabile anche per controllare la mancata riattivazione della cella EFOY che può avvenire per l'esaurimento di carburante. Nei casi in cui la cella al metanolo abbia terminato il carburante e le temperature esterne scendano al di sotto dello zero, l'EFOY si disattiva e per riattivarla è necessario riportarla lentamente a temperature significativamente maggiori di 0°C per circa 24 ore. Un rapido intervento per la sostituzione delle ricariche di metanolo permette un miglioramento della continuità di funzionamento delle stazioni sismometriche.

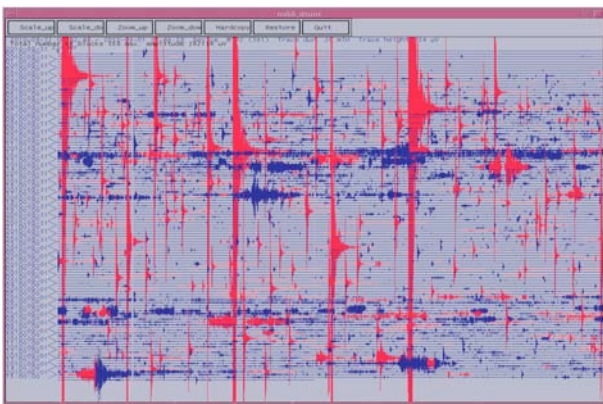
## INTERVENTO REATINO RETE WI-FI

Vincenzo Cardinale

*Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologi, Centro Nazionale Terremoti*

### Introduzione

A seguito di una sequenza sismica nell'area reatina (settembre 2010, *Figura 1*) si è deciso di installare una rete temporanea che potesse aumentare in quell'area il numero di stazioni in tempo reale.



**Figura 1.** Sequenza sismica registrata nell'area reatina nel mese di settembre (2010).

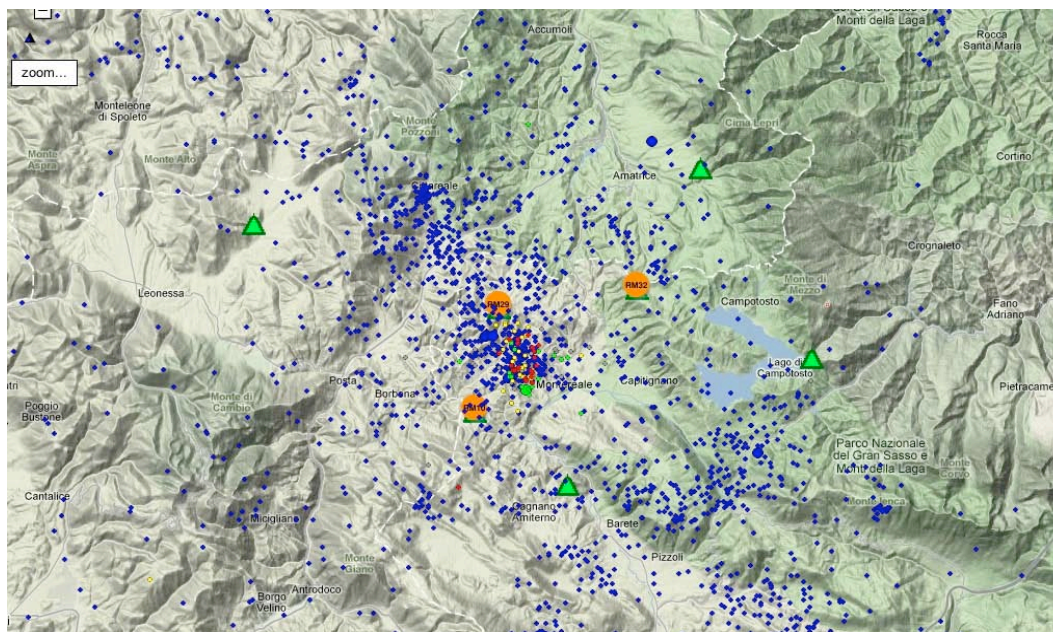
L'obiettivo era quindi aumentare le stazioni a disposizione per la localizzazione in sala di sorveglianza sismica di Roma [vedi Basili, 2011 - in questo volume] ed abbassare la soglia di detezione della rete.

L'emergenza reatina è stata l'occasione per testare una nuova concezione di rete temporanea.

### Fasi di realizzazione

I punti scelti per l'installazione delle stazioni sono stati tre della rete *stand-alone* precedentemente collocata nell'area [Margheriti et al., 2010]; infatti ci siamo diretti rispettivamente sulle coordinate delle stazioni RM10 (poi divenuta RM33), RM29, RM32 (*Figura 2*).

La fase più critica è stata adeguare i punti della rete *stand-alone* alle nostre esigenze. Infatti la nostra nuova rete rispetto a quella precedentemente installata richiedeva totale visibilità tra i punti, a causa sia della trasmissione Wi-Fi, ma anche in previsione di una possibile espansione delle stazioni da unicamente sismiche a potenziali punti di acquisizione GPS.



**Figura 2.** I cerchi arancioni sono i punti scelti per le stazioni.



**Figura 3.** Stazione completa.

La prima fase della realizzazione è stata l'installazione di un palo opportunamente sagomato dove potervi alloggiare il pannello solare nella parte più alta ed una cassetta in polietilene contenente invece una batteria da 42 Ah, un regolatore di carica e quindi l'acquisitore GAIA2 nella parte più bassa (Figura 3).

Le stazioni ad oggi sono così composte:

- stazione RM29, acquisizione dati solo sismici con sensori *Lennartz LE-3D/5s* a 100 sps ed *Episensor* a 200 sps;
- stazione RM32, acquisizione dati solo sismici tramite sensore *Lennartz LE-3D/5s* a 100 sps;
- stazione RM33, acquisizione dati sia sismici che GPS rispettivamente con sensori *Lennartz LE-3D/5s* a 100 sps, *Episensor* a 200 sps ed infine *Leica GRX 1200+* GNSS.

I dati delle stazioni vengono convogliati per comodità tutti presso la RM29, utilizzando appunto il sistema di trasmissione Wi-Fi a 5.4 GHz [Cardinale et al., 2010], tramite apparati *Mikrotik*, ovvero le *Motherboard 433* e le radio *Compex WLM series* costruite su *chipset Atheros*. Per trasmettere i dati presso le nostre sedi (Roma e Grottaminarda) si è deciso di installare sulla stazione RM29 una parabola *ASTRA2Connect* [vedi Vallocchia, 2011 - in questo volume] che svolgesse quindi la funzione di connettività da/verso le nostre stazioni ad *internet* e quindi anche alle nostre sedi (Figura 4).

### Conclusioni

**Riscontri negativi.** Una delle difficoltà che abbiamo avuto nella fase di installazione è stata il perfetto ancoraggio della struttura al suolo. Abbiamo provveduto, infatti, a realizzarne una nuova, poiché la precedente è risultata troppo alta e quindi instabile.

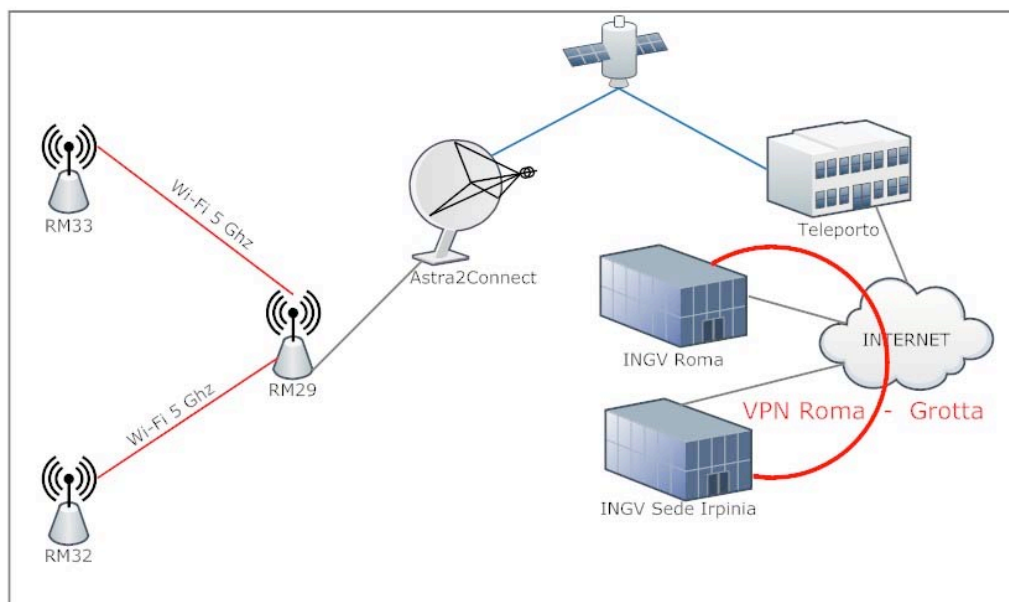
Le maggiori perplessità restano però nella scelta del sistema satellitare *ASTRA2Connect*, in quanto la sua concezione non soddisfa le nostre esigenze sia in termini di banda che di *hardware*, questo ultimo risulta essere difatti poco robusto per installazioni estreme di questo tipo.

**Riscontri positivi.** Tempi di realizzazione e installazione ridotti al minimo, facilità di espansione (la RM33 infatti è divenuta anche stazione GPS). Ogni singola stazione può fungere da *bridge* e quindi da *repeater* per allargare a proprio piacimento il numero e anche il tipo di stazioni. La banda a disposizione per ogni singolo canale è 54 Mbps ulteriormente espandibile. Questo ci permette di installare su ogni singola stazione un accelerometro, un velocimetro, un GPS alla frequenza che si ritiene opportuno.

Grazie ai ridotti consumi delle stazioni non abbiamo ancora avuto problemi di alimentazione e tantomeno problemi di guasti agli apparati;

Costi del tutto contenuti: totale *hardware* per N° 3 stazioni + nodo trasmissivo pari a € 12.000; l'aggiunta di ulteriori stazioni comportano un aumento di spesa pari € 3000 cadauna (struttura, pannello, batteria, centralina, acquisitore GAIA2, apparato radio, antenna).

Infrastruttura di rete mobile Wi-Fi/Astra2Connect realizzata per l'emergenza Montereale (AQ)



**Figura 4.** Struttura della rete.

**Ringraziamenti.** Un sentito ringraziamento a tutti coloro che hanno partecipato alla realizzazione dell'infrastruttura e quindi a tutto il gruppo della sede Irpinia impegnatosi con la professionalità e l'armonia che da sempre lo contraddistingue.

#### **Bibliografia**

- Cardinale V., Castagnozzi A., D'Ambrosio C., Falco L., Memmolo A., Minichiello F. (2010). Wi-Fi Mesh Network: integrazione dell'infrastruttura telematica della rete sismica e geodetica nazionale. Rapporti Tecnici INGV N°141.
- Margheriti M., et al. (2010). Emergenza "Aquila2009": La campagna di acquisizione dati della Rete Sismica Mobile stand-alone del Centro Nazionale Terremoti. Rapporti Tecnici INGV N°151.



## SISTEMA DI TRASMISSIONE SATELLITARE ASTRA2CONNECT

Massimiliano Vallocchia

*Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia, Centro Nazionale Terremoti*

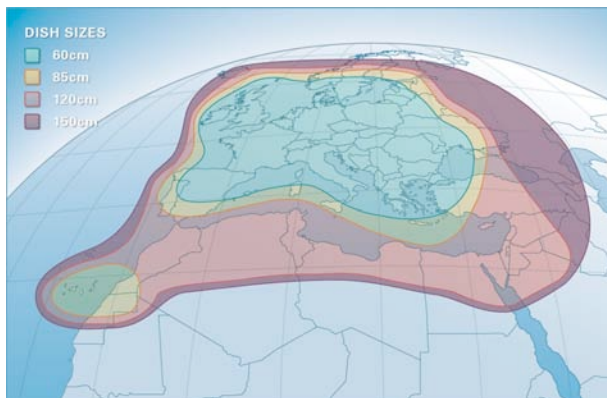
### Introduzione

I sistemi di trasmissione satellitare si rendono necessari in tutti quei casi in cui non sia possibile o conveniente trasmettere dati con gli altri mezzi di comunicazione (ADSL, reti Wi-Fi, reti di trasmissione dedicate), come ad esempio:

- distanza troppo elevata del sito dal primo *Point Of Presence* (POP) disponibile;
- costo eccessivamente alto per la realizzazione dell'ultimo miglio;
- presenza di sistemi di collegamento via cavo con costi elevati di trasmissione dati.

### Il sistema ASTRA2Connect

Un collegamento dati bidirezionale effettuato tramite ASTRA2Connect utilizza un satellite ASTRA con orbita geostazionaria 23.5°E e frequenze di trasmissione in banda  $K_u$  (10.95-14.5 GHz): il *transponder* utilizzato, il 3B, fornisce la copertura visibile in *Figura 1*.



**Figura 1.** Copertura del *transponder* 3B del satellite ASTRA con orbita geostazionaria 23.5°E.

Alcune caratteristiche del satellite sono riportate in *Tabella 1*.

Le velocità ed i costi dei collegamenti, che sono di tipo *always on*, con indirizzo IP fisso e pubblico, senza limiti di traffico e con supporto per la *Virtual Private Network* (VPN), sono riassunti in *Tabella 2*. Utilizzando due impianti di tipo *Blizzard* o *Maxx* in parallelo, con raddoppio del costo dell'*hardware*, si

può inoltre raggiungere una banda doppia rispetto ai singoli collegamenti.

Lancio: 21.05.2010
Sito lancio: <i>Kourou, French Guiana</i>
Massa: 5460 kg
Costruttore: EADS <i>Astrium</i>
Orbita: 23.5°E
Stabilizzazione: su 3 assi
Consumo totale: 10100 W
Capacità: 60 canali $K_u$ , 4 $K_a$
Capacità di banda: 36/33 MHz

**Tabella 1.** Principali caratteristiche del satellite ASTRA 3B a 23.5°E.

Servizio	Velocità dn/up	Costo
<i>Basic</i>	256/64 kbps	€ 39
<i>Advanced</i>	512/96 kbps	€ 69
<i>Premium</i>	1024/128 kbps	€ 99
<i>Enterprise</i>	2048/256 kbps	€ 189
<i>Blizzard</i>	3072/256 kbps	€ 259
<i>Maxx</i>	4096/256 kbps	€ 299
<i>Maxx Extra</i>	4096/320 kbps	€ 499

**Tabella 2.** Principali velocità e costi dei collegamenti ASTRA2Connect.

Il *kit* di collegamento, visibile in *Figura 2*, è composto da:

- parabola satellitare di 79/85 cm di diametro;
- *interactive Low Noise Block* (iLNB);
- cavo satellitare di tipo tx/rx 30 m;
- *modem* satellitare *Sat3Play*;
- cavo *ethernet* cat. 5;
- alimentatore;
- *point&play tool*;
- eventuale *router* di rete (sicurezza e condivisione IP).



**Figura 2.** Kit di collegamento satellitare ASTRA2Connect. Una installazione tipo richiede inoltre il *point&play tool* e un *router* di rete per aumentare la sicurezza e permettere la condivisione dell'IP (non mostrati in figura).

La struttura della rete a regime prevede l'installazione presso la sede del *provider* di due *server SeedLink* che richiedono i dati a tutte le stazioni via satellite e a cui è possibile accedere tramite rete VPN protetta.

I rapporti col gestore del servizio, la società Base3 *SatLink* - Digitaria, prevedono il contatto tramite un numero urbano e uno a numerazione 199 (entrambi con orario dal lunedì al venerdì nella fascia 8.30-18.00) con possibilità di preattivazione dei collegamenti: ciò si è dimostrato di indubbio vantaggio in quanto permette di testare tutta la strumentazione in fase di preparazione della missione, sistema di comunicazione incluso.

Su richiesta può essere modificato il profilo di banda, solo per passaggio a profili superiori; c'è inoltre la possibilità di richiedere un contratto di supporto esteso, al momento non attivato dall'INGV.

### **Spunti di discussione e possibilità di miglioramento**

Tra i principali vantaggi di questo sistema di trasmissione c'è la semplicità di installazione e puntamento, tuttavia suscita qualche perplessità, specie tra chi è abituato a *kit* di installazione professionali, la qualità della parabola: i nuovi tipi inclusi nei *kit* più recenti sembrano comunque aver migliorato un po' questo aspetto.

Il costo dei collegamenti li rende vantaggiosi rispetto a quelli su rete RUPA ma più cari se confrontati con quelli utilizzati dalla rete *Nanometrics*, anche se questi ultimi dispongono di una banda minore.

La struttura della rete è più sensibile rispetto a quella *Nanometrics*, dove i segnali vengono ricevuti direttamente dalle sedi di Roma e Grottaminarda senza effettuare il doppio salto (*double-hop*) e senza passare tramite gestori intermedi (il centro di gestione Astra si trova in Lussemburgo e i dati al teleporto di Base3 di Padova viaggiano su linea dedicata terrestre).

A regime, con l'introduzione di *server SeedLink* in *housing* presso il teleporto Base3 di Padova e il miglioramento della connettività tra le sedi INGV (ad esempio creando un *backup* satellitare a Grottaminarda, come indicato nelle linee guida strategiche di sviluppo della connettività dell'INGV) tale aspetto potrà essere migliorato.

Il livello del supporto fornito non garantisce una copertura 24h, ma ciò dipende dal contratto stipulato; alla iniziale disponibilità del solo numero a pagamento 199 si è affiancato il supporto su numero di rete urbana.

Il meccanismo della *Fair Usage Policy* (FUP) prevederebbe la limitazione della banda sopra un certo volume di traffico generato, con possibilità di azzeramento: tale politica viene aggirata tramite azzeramento automatico sui collegamenti INGV (al momento manuale, in futuro *reset* automatico) previsto per contratto.

Ancora da indagare è il livello di stabilità ed il degrado delle comunicazioni in caso di maltempo: una prima impressione è che ci sia una notevole sensibilità a tali fattori; tuttavia è in corso l'ottimizzazione del puntamento sui vari siti (in particolar modo per le prove di *cross-polarizzazione*) per poter condurre un'analisi più dettagliata.

**Ringraziamenti.** Un ringraziamento particolare a Marco Cattaneo per la presentazione orale durante il *Workshop* oggetto di questa pubblicazione.

## ATTIVITÀ DI SALA OPERATIVA

Alberto Basili

*Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia, Centro Nazionale Terremoti*

### Introduzione

L'INGV ha sviluppato nel corso degli anni una struttura di sorveglianza geofisica permanente per segnalare tempestivamente l'insorgenza di un evento calamitoso e comunicarne il più rapidamente possibile le caratteristiche e l'eventuale evoluzione agli organi governativi. Le tre caratteristiche basilari, necessarie all'assolvimento di tale compito possono essere individuate:

1. nell'acquisizione in tempo reale dei segnali geofisici utili;
2. nella centralizzazione dei dati presso strutture che possano analizzare tempestivamente le caratteristiche del fenomeno in atto;
3. nella capacità di valutare impatto e decorso del fenomeno.

La crescita costante e massiccia dell'Ente in questi anni ha favorito lo sviluppo di tre centri di sorveglianza, costantemente presidiati, dei fenomeni sismici, vulcanici e geochimici.

Nella sala operativa di Roma vengono raccolti e analizzati i segnali provenienti dalle stazioni sismiche componenti la RSN [vedi Delladio, 2011 - in questo volume] (*Figura 1*). Presso la sala operativa dell'OV - Sezione di Napoli dell'INGV - si effettua il controllo dell'attività sismica delle aree vulcaniche della Campania (Vesuvio, Campi Flegrei, Ischia) e Stromboli [vedi Orazi et al., 2011a - in questo volume] (*Figura 2*). Nella sala operativa di Catania viene effettuata attività di monitoraggio e sorveglianza dell'intero complesso geodinamico siciliano (*Figura 3*) [vedi Di Prima et al., 2011 - in questo volume].

Codici di calcolo, sviluppati prevalentemente da informatici dell'Istituto, consentono di rappresentare su *monitor*, in maniera del tutto automatica, la segnalazione di un evento, le sue coordinate ipocentrali, la sua magnitudo, la qualità della localizzazione, i comuni più vicini all'epicentro, e molte altre informazioni rappresentate tramite applicazioni grafiche GIS. I dati forniti sono verificati e, se necessario, corretti dai sismologi sempre presenti in sala attraverso codici di analisi delle singole forme d'onda e, conseguentemente, trasmessi al Dipartimento della Protezione Civile e alle Prefetture interessate.



**Figura 1.** Sala operativa di Roma.



**Figura 2.** Sala operativa di Napoli.



**Figura 3.** Sala operativa di Catania.

L'attivazione e l'organizzazione scientifica e logistica del servizio rappresenta una attività onerosa e complessa sia in termini di risorse umane che economiche. L'Istituto garantisce, nell'arco delle 24 ore, per tutti i giorni dell'anno, la presenza nelle rispettive sale di personale altamente

qualificato. Nella sala di Roma è garantita la presenza di almeno 3 unità di personale: due sismologi e un tecnico. Nelle sale di Catania e Napoli vi sono permanentemente almeno due addetti alla sorveglianza. Il servizio è organizzato nell'arco delle 24 ore in 3 turni: mattina, pomeriggio e notte. Il numero di ricercatori e tecnici coinvolti nei turni è notevole. Il massimo impegno è profuso nel garantire l'espletamento dei turni, inteso dalla comunità scientifica come doveroso contributo nei confronti della società civile e, nel contempo, nel mantenere alta e qualificata l'attività istituzionale della ricerca.

Nella composizione dei turni sono rappresentate tutte le qualifiche e tutti i livelli stipendiali in cui si articola il personale dell'Istituto, dal dirigente all'assistente tecnico. Si tratta di 65 ricercatori e di 30 tecnici nella sala di Roma, 48 ricercatori e 38 tecnici a Catania, 42 ricercatori e 32 tecnici a Napoli. L'impegno è valutato, grossolanamente, in media in 2.3 mesi/persona all'anno.

Una particolare attenzione viene posta nella scelta e nella preparazione del personale tecnico e scientifico afferente ai turni, nella consapevolezza che l'estrazione culturale e la disciplina scientifica di origine e di normale attività scientifica dei ricercatori può essere assai diversa: geologica, geofisica, geochimica, geodetica. Ogni anno viene organizzato un corso di aggiornamento e reclutamento di nuovo personale da adibire alle funzioni di sismologo e di tecnico nell'espletamento dei turni di sorveglianza sismica. Il corso si è articolato su più moduli, illustrati da esperti, che toccano tutti gli argomenti utili allo svolgimento del servizio: le caratteristiche della sismicità italiana, la tipologia delle stazioni sismometriche e dei diversi vettori trasmissivi, le tecniche di inversione più utilizzate finalizzate alla localizzazione ipocentrale, l'illustrazione delle diverse definizioni di magnitudo, le modalità della comunicazione agli organi di Protezione Civile.

La strumentazione *hardware* che risulta indispensabile per lo svolgimento del servizio di sorveglianza è sostanzialmente un insieme di *servers* dedicati alla elaborazione in tempo reale dei segnali in ingresso, siano essi di tipo sismico e geodetico (come a Roma), oppure anche di tipo geochimico, inclinometrico, videotelevisivo e videotermico come nelle sale controllo di Napoli e Catania. A valle dei *servers* dedicati all'acquisizione in tempo reale operano alcuni potenti computer *desktop*. Il loro compito è quello di rendere disponibili al geofisico turnista una robusta serie di applicativi per l'elaborazione *off-line*. Essi riguardano applicazioni per la

restituzione in ambiente GIS delle informazioni elaborate, per il *picking* manuale delle fasi sismiche, per la localizzazione interattiva, per la costruzione di mappe tematiche (sismicità storica, mappe di scuotibilità e di pericolosità sismica, mappe riguardanti l'intensità e l'area di ricaduta delle emissioni di ceneri in caso di eruzione, volume di lava emessa e sua velocità di discesa, ed altre). Tutte sono finalizzate alla valutazione tempestiva del fenomeno in atto.

# I SISTEMI DI ALLARME AUTOMATICI E SALA DI MONITORAGGIO DELL'OSSERVATORIO VESUVIANO

Walter De Cesare, Rosario Peluso, Giovanni Scarpato, Flora Giudicepietro

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

## Introduzione

Nell'ambito del monitoraggio H24, il personale tecnico e scientifico che si alterna nei turni di sorveglianza e quello, a vario titolo, responsabile della funzionalità dei sistemi di monitoraggio, hanno la necessità di effettuare il controllo sullo stato di ricezione dei segnali provenienti dalle stazioni remote e di essere allertati nel caso una o più stazioni non siano acquisite correttamente.

Lo stesso vale per gli eventi sismici, è infatti necessario segnalare già dai primi istanti di registrazione l'occorrenza di un probabile evento, in modo che il personale in turno possa effettuare le dovute comunicazioni nel più breve tempo possibile.

Per questo scopo sono stati sviluppati dei sistemi *software*, in particolare moduli per il sistema *Earthworm* (Figura 1), che effettuano il *trigger* degli eventi e il controllo della continua ricezione delle stazioni e dei livelli minimi di spazio disponibile sulle unità disco dei *servers* di acquisizione dati. Nel caso di superamento di soglie fissate, il sistema produce messaggi di avviso o di allarme.

Messaggi via *email* e *sms* sono inviati al personale tecnico e scientifico, e in alcuni casi allarmi di tipo sonoro e visivo (Figura 2) sono attivati su *monitor* dei *Personal Computer* (PC) della stessa sala di monitoraggio, per segnalare eventi sismici o *failure* dei sistemi.

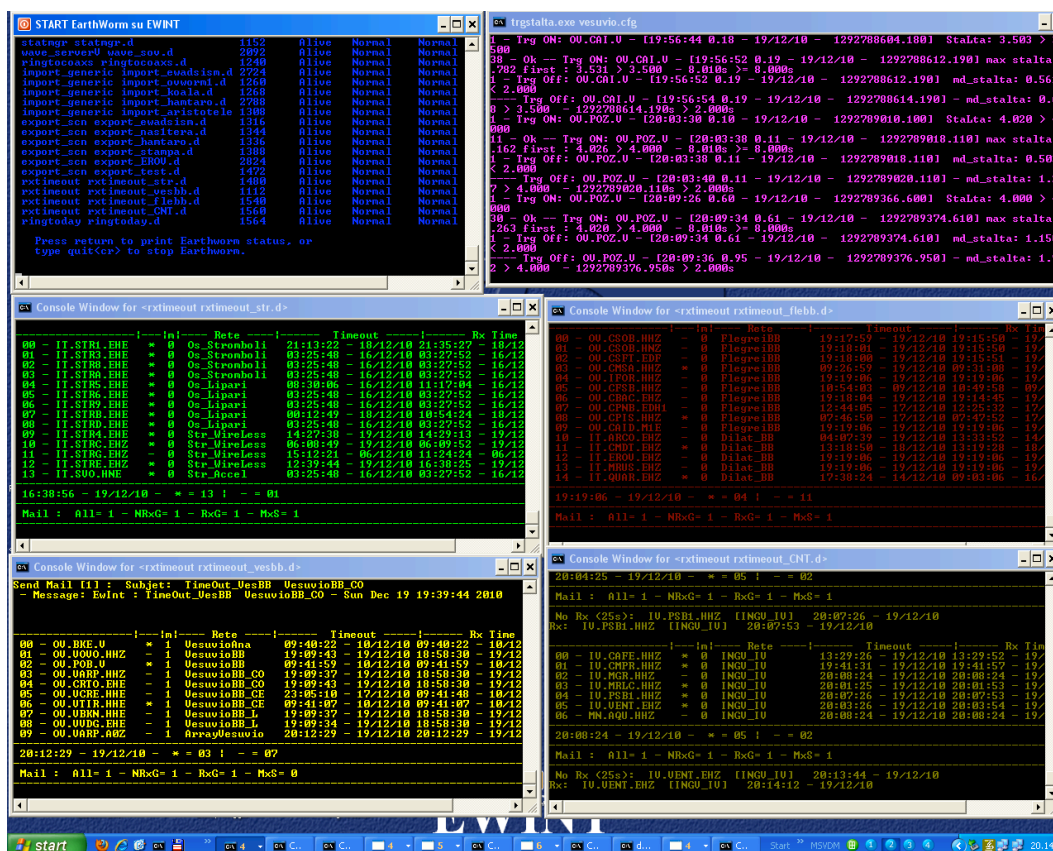
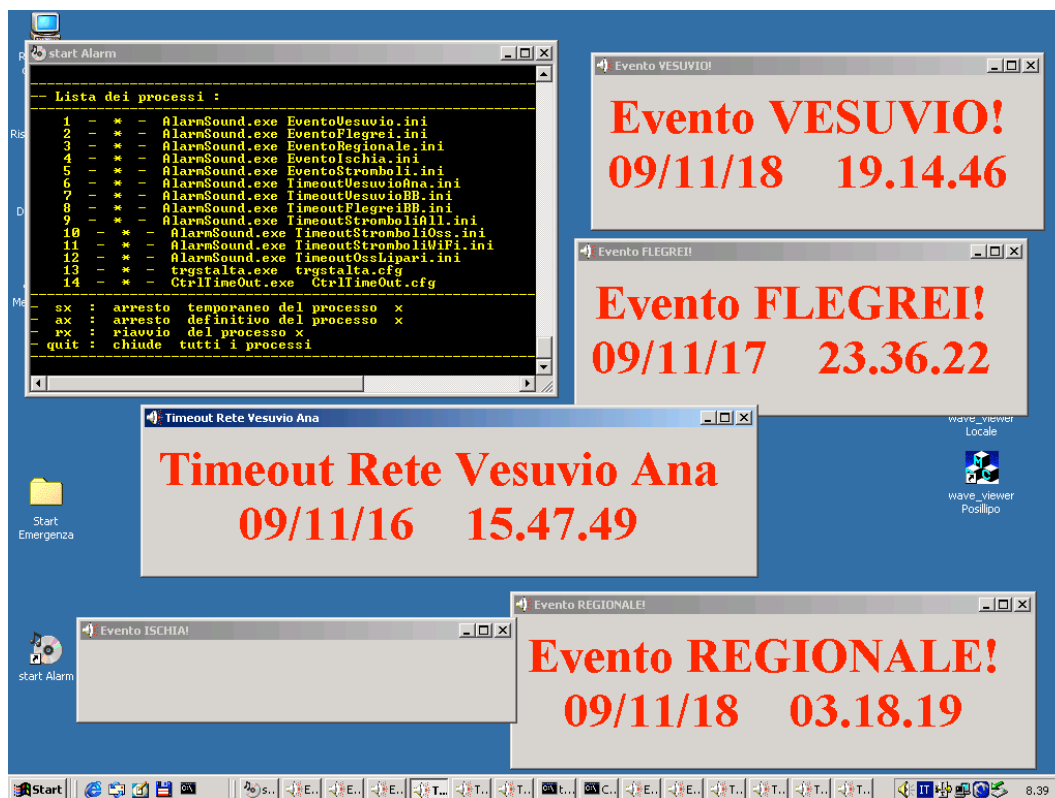


Figura 1. Moduli *Earthworm* di controllo *timeout* sulle diverse sottoreti: Stromboli, Vesuvio, Flegrei.



**Figura 2.** Tipica visualizzazione sui *monitor* dei PC assegnati alla ricezione e visualizzazione dei messaggi di allarme.

**Ringraziamenti.** Un sentito ringraziamento a tutti coloro che hanno partecipato al *workshop*.

## SISTEMI DI CONTROLLO IN USO AL CENTRO DI ACQUISIZIONE DELLA SEDE DI ANCONA

Giancarlo Monachesi<sup>1</sup>, Marco Cattaneo<sup>1</sup>, Ezio D'Alema<sup>1</sup>, Massimo Frapiccini<sup>1</sup>,  
Simone Marzorati<sup>1</sup> e Maurizio Ferretti<sup>2</sup>

<sup>1</sup>*Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia, Centro Nazionale Terremoti*

<sup>2</sup>*Centro Funzionale di Coordinamento per la Meteorologia l'Idrologia e la Sismologia,  
Servizio Protezione Civile - Regione Marche*

### Introduzione

Da alcuni anni l'INGV e la Regione Marche collaborano nell'azione di monitoraggio sismico del territorio regionale.

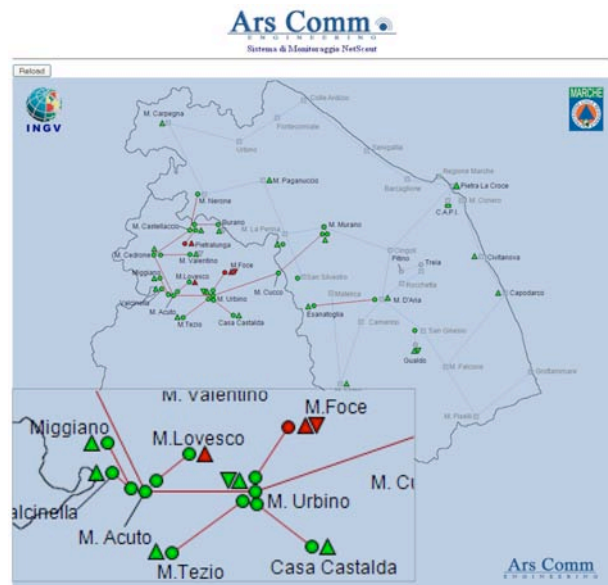
Nella sede di Ancona del CNT sono acquisiti in tempo reale i segnali sismici di circa 80 stazioni dell'Italia centro-orientale. Si è reso pertanto necessario sviluppare applicativi utili al controllo degli apparati che compongono il sistema di monitoraggio.

In particolare, vengono controllati: 1) lo stato di funzionamento delle trasmissioni radio ed *ethernet*; 2) lo stato dell'alimentazione delle stazioni e il numero di satelliti ricevuti dagli apparati GPS; 3) la quantità di segnale sismico archiviato e i *gaps* del segnale continuo; 4) i livelli di rumore di fondo e la qualità del segnale sismico.

### Stato di funzionamento delle trasmissioni radio ed *ethernet*

La Regione Marche dispone di un'infrastruttura per le telecomunicazioni denominata 'Marche-Way', una rete *wireless* a 155 Mbps basata su ponti radio SDH a 6.4 GHz<sup>1</sup>. Attraverso Marche-Way i dati sismometrici vengono trasmessi utilizzando protocolli TCP/IP dai siti remoti alla sede di Ancona e contemporaneamente da qui verso la centrale di monitoraggio sismico della sede INGV a Roma, tramite connessione HDSL [Monachesi e Cattaneo, 2010; vedi D'Alema et al., 2011 - in questo volume]. Utilizzando il *software* NETSCOUT, sviluppato dalla ditta ARSCOMM<sup>2</sup>, dalla sala di monitoraggio della sede di Ancona è possibile controllare lo stato di connessione tra i ponti radio e tra questi e le singole stazioni remote. Grazie a NETSCOUT è possibile individuare in tempo reale le eventuali interruzioni di trasmissione e il non funzionamento dell'acquisitore remoto (Figura 1).

<sup>1</sup> [http://www.rete.marche.it/docs/banda\\_larga/presentazioni/RegioneMarche\\_MariaLaura\\_Maggiulli.pdf](http://www.rete.marche.it/docs/banda_larga/presentazioni/RegioneMarche_MariaLaura_Maggiulli.pdf)  
<sup>2</sup> [www.arscomm.com](http://www.arscomm.com)



**Figura 1.** Interfaccia del *software* NETSCOUT per il controllo del funzionamento dei ponti radio. Riquadro in basso a sinistra: *zoom* dell'area AVT [vedi Cattaneo et al., 2011a ; D'Alema et al., 2011 - in questo volume]; i pallini indicano gli apparati radio e i triangoli gli acquisitori remoti. Verde: funzionante. Rosso: non funzionante.

Lungo la dorsale di telecomunicazione, i ponti radio alimentati a 220 V sono monitorati attraverso unità di controllo remote UC34a, costruite da ARSCOMM. Le unità di controllo UC34a permettono di disarmare e riarmare gli apparati in modo da effettuare il *reboot* fisico delle macchine. Il disarmo e il riarmo degli apparati avviene da remoto attraverso il *software* NETSCOUT, il quale è anche in grado di indicare il voltaggio e l'ampereaggio degli apparati, nonché l'apertura degli sportelli degli armadi che contengono gli apparati stessi e la loro temperatura.

Nei casi in cui le stazioni remote sono alimentate a pannelli solari e quindi l'inserimento delle unità UC34a non era indicata viste le limitazioni imposte dai consumi, è stato installato un altro apparato a

basso consumo energetico appositamente creato da ARSCOMM, denominato *Electronic Health Remote Control* (e\_HRC). L'e\_HRC rimane in ascolto sul traffico in uscita dalla porta seriale dell'acquisitore GAIA2. Il sistema di controllo è composto da un *cron* e uno *script* (*saw*) i quali sono attivi nel sistema operativo della GAIA2; essi inviano sulla porta seriale gli esiti di successivi *ping* all'indirizzo IP della radio a monte dell'acquisitore e gli esiti di controllo di crescita delle dimensioni dei *files* acquisiti nella *flash card* della GAIA2. Ogni cinque minuti, e\_HRC controlla la presenza di più esiti negativi indicanti o la mancanza di connettività tra l'acquisitore e la radio o il non funzionamento dell'acquisitore; automaticamente e\_HRC provvede al *reboot* dell'acquisitore e della radio, togliendo e ripristinando dopo una decina di secondi la tensione di alimentazione. Questa interruzione forzata dell'alimentazione viene ripetuta non più di tre volte consecutive nell'arco delle 24 ore.

### Alimentazione e Satelliti

La sala di monitoraggio è stata dotata di *monitor* che visualizzano, per le stazioni sismiche che trasmettono i dati direttamente alla sede di Ancona, lo stato della tensione e il numero di satelliti ricevuti attraverso le antenne GPS per la sincronizzazione temporale dei dati.

Il dato relativo allo stato di tensione e al numero di satelliti è ottenuto con un *cron* che ogni dieci minuti interroga, tramite protocollo SCP, il *file* `/var/tn_2/1` che si trova all'interno del sistema operativo GAIA2. Le informazioni contenute in questo *file* sono archiviate sul *server* centrale del centro di acquisizione in due *files* di testo separati, composti da righe indicanti alternativamente l'ora di *download* del dato e il valore di tensione o il numero di satelliti. Attraverso applicazioni eseguibili compilate in ambiente *Matlab*, i dati vengono aggiornati in variabili di tipo *structured array* da operazioni pianificate su sistema *Windows-XP*. Le applicazioni interrogano i *files* di testo originali e individuano la presenza di nuovi dati ad intervalli temporali predefiniti, aggiornando così lo storico di ogni stazione remota. I dati aggiornati vengono successivamente inviati ai *monitors* sotto forma di pagine HTML con grafici che rappresentano l'andamento delle tensioni e del numero di satelliti per una finestra di tempo di 3 giorni (*Figura 2*).

Al di sotto di una soglia di tensione o di numero di satelliti precedentemente scelta, il sistema indica in

rosso che i valori stanno raggiungendo livelli di guardia prima che inizi un malfunzionamento.

Sul *monitor* dell'alimentazione o dei satelliti, è possibile interagire con ogni pannello della singola stazione per ottenere la visualizzazione dell'intero storico acquisito. Lo storico è suddiviso in quattro pannelli, relativi rispettivamente dall'alto verso il basso all'ultimo giorno di misura, all'ultima settimana, all'ultimo mese ed all'intero periodo di registrazione (*Figura 3*).

### Segnale archiviato e gaps di trasmissione

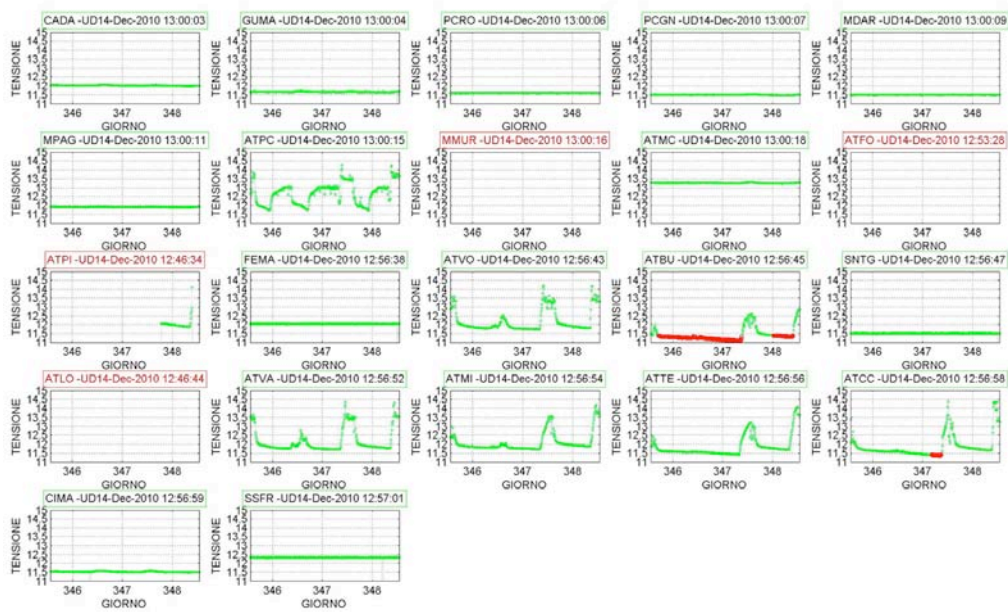
Oltre al controllo dello stato di tutti gli apparati e della strumentazione, è importante anche controllare la *performance* della trasmissione dei dati. Potrebbe infatti accadere che, nonostante le macchine e le connessioni siano attive, il segnale continuo registrato alle stazioni remote non arrivi integro.

Al centro di acquisizione della sede di Ancona viene controllata la quantità di segnale sismico archiviato e la quantità di *gaps* presenti nell'archivio miniSEED dei segnali sismici continui. Una volta al giorno, utilizzando lo *script* 'qmerge' del pacchetto *software* PASSCAL<sup>3</sup>, sono archiviati i *files* di *output* di 'qmerge' per ogni canale di trasmissione di dati sismometrici (quindi un canale per ogni componente del sensore) relativi al giorno precedente. Questi *files* contengono le informazioni relative al tempo di inizio e di fine di un frammento di segnale continuo contenuto nei volumi miniSEED. L'informazione relativa al frammento viene elaborata con applicazioni eseguibili compilate in ambiente *Matlab*, le quali archiviano i dati relativi alla frammentazione del segnale in modo da comporre due immagini statiche da inviare ai *monitors* di sala.

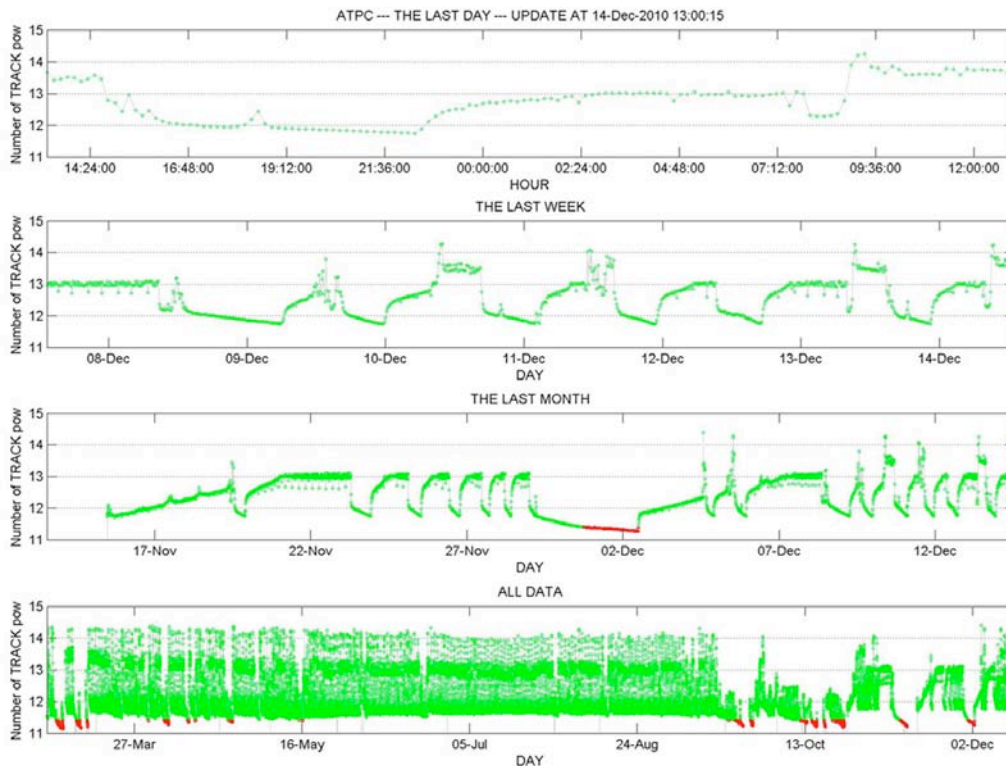
Il primo *monitor* visualizza i grafici del segnale archiviato da ogni canale di trasmissione nelle 24 ore del giorno precedente. Negli intervalli temporali in cui è presente il segnale viene visualizzato un tratto verde, mentre se è presente un *gap* questo viene indicato da un tratto rosso (*Figura 4*). A lato dei grafici del segnale archiviato sono presenti altri pannelli informativi relativi ai giorni delle ultime due settimane; essi indicano il numero di stazioni attive e non attive, il numero di *gaps* totali, il numero di ore totali di segnale perso e il numero di ore perse a causa della mancata trasmissione del segnale durante lo stato attivo di una stazione.

<sup>3</sup> [www.passcal.nmt.edu](http://www.passcal.nmt.edu)

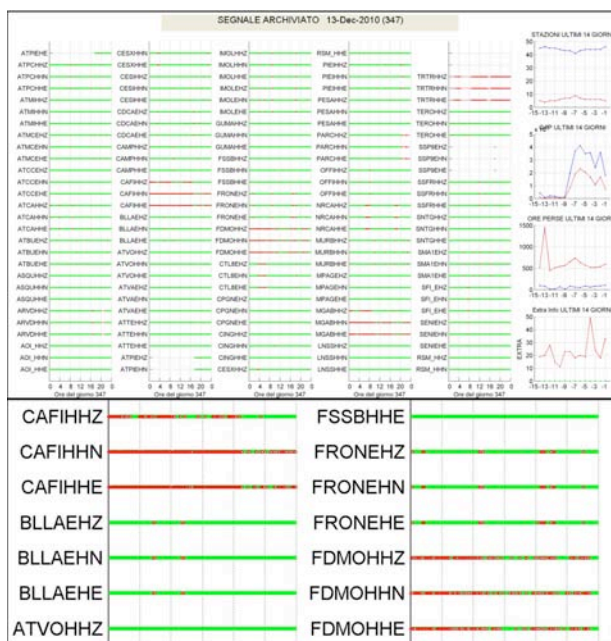




**Figura 2.** Monitor dello stato di tensione delle stazioni sismiche nella sala di monitoraggio (sede di Ancona).



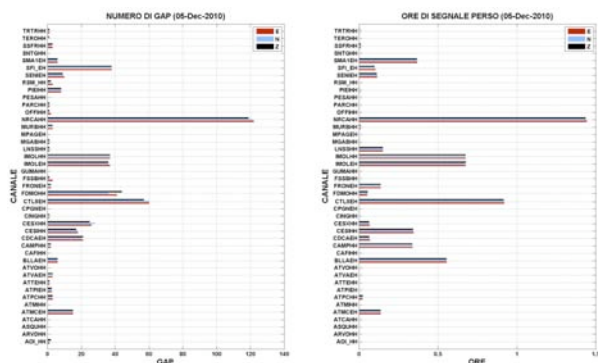
**Figura 3.** Monitor relativo allo storico della tensione ad una singola stazione. Dall'alto verso il basso: ultimo giorno, ultima settimana, ultimo mese, intero periodo di registrazione.



**Figura 4.** Monitor del segnale sismico archiviato per ogni canale di trasmissione. In basso: zoom in cui è possibile apprezzare la presenza di *gaps* nel segnale continuo.

Il monitor del segnale archiviato è utile sia per controllare la presenza del segnale di ogni canale e quanto esso è frammentato, ma anche per evidenziare la contemporaneità e la frequenza temporale delle mancate trasmissioni su vari canali. Questo permette di intuire la *performance* di differenti sistemi di trasmissione dei dati (trasmissione radio, satellitare, HDSL, UMTS).

Un secondo *monitor* è dedicato alla visualizzazione del numero di *gaps* e il numero di ore di segnale perso a causa dei *gaps* (Figura 5).

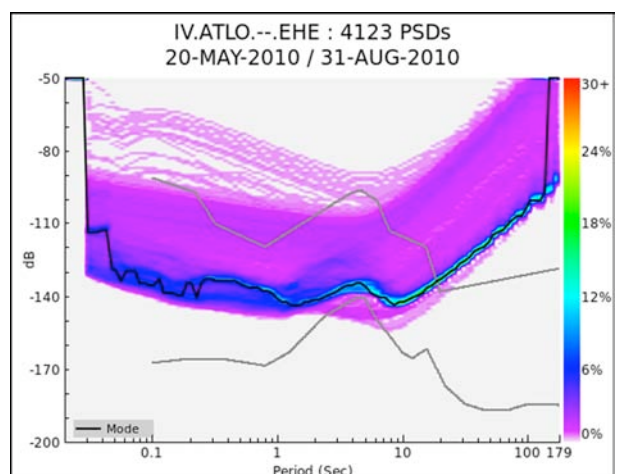


**Figura 5.** Monitor del numero di *gaps* (pannello di sinistra) e del numero di ore di segnale perso a causa dei *gaps* (pannello di destra).

Lo scopo è capire sia la quantità di interruzioni di un segnale ma anche quanto tali interruzioni sono lunghe. Infatti un segnale potrebbe avere interruzioni frequenti ma così brevi da perdere una percentuale di segnale poco significativa nell'intera giornata.

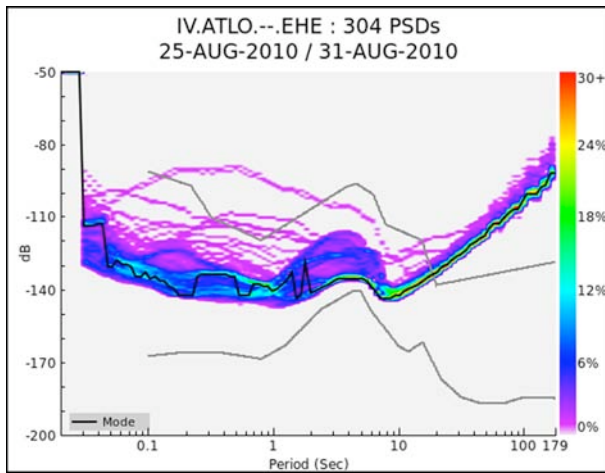
### Livelli di rumorosità e qualità del dato

Nel centro di acquisizione della sede di Ancona è stato implementato il *software* PQLX<sup>1</sup>, il quale fornisce le *Probability Density Functions* (PDF) di un segnale sismico continuo a partire da *Power Spectral Densities* (PSD) calcolate su finestre mobili di un'ora con sovrapposizione del 50% [McNamara and Buland, 2004]. Il programma è dotato di una parte *server* che legge i dati di un archivio miniSEED tramite *script* lanciati da un *cron*; in questo modo viene aggiornato un *database* MySQL di PSD utili a comporre le PDF. L'interfaccia *client* del programma PQLX permette di visualizzare le PDF relative a vari intervalli temporali (ultima settimana, ultimo mese, ultimo anno...) e all'interno di esse di selezionare la porzione spettrale d'interesse, di cui vengono forniti ore e giorni a cui si riferisce tale porzione (Figure 6 e 7). Infatti potrebbe essere interessante indagare in che momento è avvenuto un certo episodio che ha prodotto PSD anomale, oppure indagare da quando il segnale è tornato a livelli di corretto funzionamento. Inoltre le PDF danno un'immagine immediata della buona risposta di un sensore e della rumorosità del sito.



**Figura 6.** Esempio di PDF prodotta da PQLX inerente alla componente mal funzionante della stazione ATLO.

<sup>1</sup> <http://earthquake.usgs.gov/research/software/pqlx.php>



**Figura 7.** Porzione di PDF di *Figura 6* selezionata con l'interfaccia *client* di PQLX relativa ad un intervallo temporale successivo all'intervento sul campo alla stazione ATLO.

## Bibliografia

- McNamara D.E., Buland R.P. (2004). Ambient Noise Levels in the Continental United States, *Bull. seism. Soc. Am.*, 94, 1517-1527.
- Monachesi G., Cattaneo M. (2010). La dorsale radio WI-FI per il monitoraggio multiparametrico in Alta Val Tiberina, *Rapporti Tecnici INGV N°129*.

## L'ACQUISIZIONE E L'ANALISI DEI DATI SISMICI AL CENTRO NAZIONALE TERREMOTI

Salvatore Mazza, Alberto Basili, Andrea Bono, Valentino Lauciani, Carlo Marocchi,  
Alfonso Mandiello, Franco Mele, Stefano Pintore, Matteo Quintiliani,  
Laura Scognamiglio, Giulio Selvaggi

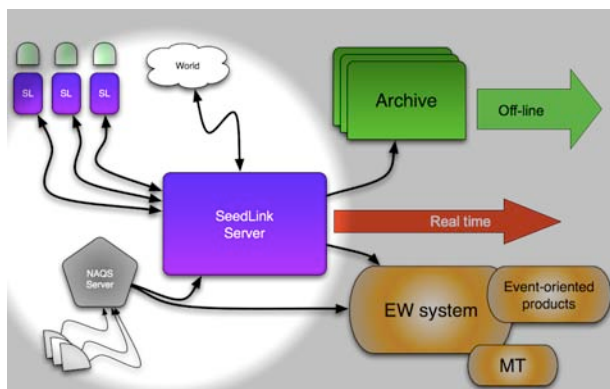
*Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia, Centro Nazionale Terremoti*

### Introduzione

L'importante sforzo profuso dal CNT per il miglioramento della RSN [vedi Delladio, 2011 - in questo volume] in termini sia di numero che di qualità delle stazioni ha reso opportuno un analogo avanzamento dei sistemi di analisi e gestione dei dati che la nuova rete stava producendo.

Allo stesso tempo, la nuova tipologia di dati, i nuovi impegni del CNT e i nuovi obiettivi (di monitoraggio e di ricerca) che ci si poteva proporre, imponevano di realizzare un sistema robusto e versatile in grado di:

1. far fronte a terremoti forti;
2. monitorare zone con sismicità molto diverse (p.e. tramite la definizione di sottoinsiemi di stazioni);
3. integrare dati da *partner* internazionali o da reti locali;
4. assicurare la necessaria ridondanza;
5. includere gli impegni legati ai progetti nazionali ed internazionali;
6. rendere i dati facilmente fruibili alla ricerca;
7. supportare il controllo di qualità e il *data mining* in tempo reale.



**Figura 1.** Schema di massima di ROSSO, il nuovo sistema di acquisizione, analisi, archiviazione e distribuzione dei dati sismici al CNT. In evidenza, l'acquisizione.

Il nuovo sistema, denominato ROSSO (*Real-time Observations for Seismic Survey and Outreach*) provvede a 4 funzioni cardine, che separiamo per convenienza di esposizione, ma che sono fortemente connesse (*Figura 1*):

- l'acquisizione dei dati;
- l'analisi;
- l'archiviazione;
- la distribuzione.

Tutto il *software* adoperato è *open source* e può essere scaricato gratuitamente dal *web*. Nella presente comunicazione tratteremo dei primi due punti, rimandando ad una seconda gli altri due [vedi Mazza et al., 2011b - in questo volume].

### Acquisizione dei dati sismici

L'acquisizione dei dati sismici al CNT è centralizzata su un *server SeedLink* (SL): su questo *server* transitano tutti i segnali acquisiti presso la sede di Roma.

È importante notare però che non tutti i dati distribuiti in tempo reale partono da questo concentratore.

I dati dalle stazioni o dagli altri enti arrivano o direttamente al *server* SL, o attraverso il *server* NAQS (*Nanometrics Acquisition System*) dal quale vengono acquisiti al *server* SL in tempo reale, per essere omogeneizzati per l'archiviazione e la distribuzione.

Le catene di *server* di acquisizione sono duplicate interamente e poste in locali diversi all'interno della sede di Roma.

Una ridondanza geografica dell'acquisizione è stata realizzata alla sede Irpinia, in cui è in corso di realizzazione anche un sistema di *backup* dell'archivio e uno di *disaster recovery*. Un servizio di *backup* esiste anche con la sede di Catania per parte delle stazioni (quelle ricevute tramite il sistema *Nanometrics*).

Le stazioni sismiche attualmente acquisite sono più di 300, includendo anche quelle partecipate e quelle fornite da Istituzioni *partner* e reti locali. Più di 90 sono dotate di accelerometro (6 canali).

La strumentazione impiegata è molto varia e ancora di più lo sono le combinazioni di digitalizzatore e sensore (o le loro configurazioni), assommando a un po' più di un centinaio. Altrettanto rilevante è il numero delle combinazioni protocollo/mezzo trasmissivo.

Alle complessità dell'*hardware* si aggiungono quelle legate alla molteplicità delle operazioni che devono essere svolte sui dati. Un canale potrebbe essere o non essere:

- acquisito;
- archiviato;
- distribuito (liberamente o ristretto solo a certi utenti);
- usato nelle localizzazioni;
- adoperato nel calcolo delle magnitudo;
- adoperato nelle inversioni per il tensore momento;
- passato al controllo di qualità;
- recuperato in caso di perdite di dati.

La gestione di un sistema così complesso è realizzata con l'ausilio di procedure automatiche e semiautomatiche che insistono su un *database* unico (ed anche procedure interne ad esso). Il *database* è lo strumento attivo e centrale, cui è assegnato il controllo della consistenza delle informazioni sulla rete ed il compito di fonte unica cui attingere per la generazione dei molteplici *files* di configurazione delle procedure attive.

Allo stesso tempo, esso provvede a contenere, organizzare e a distribuire i prodotti di tutto il sistema ROSSO, quali localizzazioni, bollettini, revisioni manuali e comunicati, momenti tensori, localizzazioni globali, pagine *web*, *alert*, *report*, etc. Per i suddetti motivi è fondamentale che l'informazione che giunge al Centro Dati sia completa ed univoca. Porre rimedio ad informazioni errate implica un lavoro manuale in un meccanismo piuttosto complicato.

Registrare le stazioni (secondo le regole dettate dall'*International Registry of Seismograph Stations*<sup>1</sup>), rispettare rigidamente le convenzioni della nomina dei canali<sup>2</sup>, fornire le informazioni di stazione nella forma di un *Dataless*, includere le informazioni ausiliare necessarie a completare l'inserimento della stazione nel sistema ed infine verificare che il proprio lavoro di installazione sia adeguatamente completato dalla configurazione dei sistemi che ne devono trattare i dati, sono gli ingredienti semplici ed efficaci per armonizzare il lavoro di installazione con quello di acquisizione ed analisi dei dati.

<sup>1</sup> <http://www.isc.ac.uk/IR/help.html#code>

<sup>2</sup> [http://www.iris.edu/manuals/SEED\\_appA.htm](http://www.iris.edu/manuals/SEED_appA.htm)

La gestione delle informazioni di stazione nel *database* e quello dei guasti avviene tramite *SeisFace*<sup>3</sup>, un'interfaccia *web* sviluppata nell'ambiente *Xataface*, tramite il quale tutti possono verificare le informazioni attualmente immagazzinate (anche dello storico delle stazioni), mentre le persone autorizzate possono immettere modifiche alla strumentazione (interventi di manutenzione e nuove installazione), che verranno "verificate" e definitivamente incluse nel *database* (Figura 2). In modo analogo è possibile inserire e gestire le segnalazioni di guasti.

Il controllo del flusso dati al *server* SL per la distribuzione in tempo reale e per l'archiviazione è realizzato tramite una mappa interattiva<sup>4</sup> e/o una tabella<sup>5</sup> (*SeedLink Monitor*). In entrambi i casi una scala di colori rappresenta la latenza dei flussi dalle varie stazioni. Da entrambe è possibile visualizzare i sismogrammi in tempo reale con *SeisGram2k*<sup>6</sup>.

### La localizzazione

Con il nuovo sistema è stato scelto di localizzare i terremoti con *Earthworm*<sup>7</sup>, un sistema consolidato e molto documentato in grado di far fronte ai molti requisiti da soddisfare: affidabile, per poter funzionare il più possibile ininterrottamente, con interventi umani ridotti al minimo ed in grado di auto-controllarsi; rapido, per poter rispettare i tempi imposti dall'impegno verso la Protezione Civile; efficiente, non meno del precedente sistema installato nella sala di sorveglianza sismica di Roma, ma in grado di ridurre il numero dei falsi allarmi; versatile, per includere facilmente le reti locali; ma soprattutto un sistema *open source* (Figura 3).

Lo schema adottato prevede i moduli essenziali per il *picking* (*pick\_ew*), il *binding* (*binder*), la localizzazione in tre passi (*eqassemble*, per riprodurre l'attuale comunicazione in tre tempi 2'-5'-30' alla Protezione Civile) e la determinazione della magnitudo locale (*localmag*).

Un certo impegno è stato profuso per un affinamento del *picker*, in modo da calibrare i parametri al tipo di sensore adoperato a ciascuna stazione [come dettagliatamente descritto in Mele et al., 2010].

<sup>3</sup> [http://hgp2.int.ingv.it/~ads/seisnet\\_interface/](http://hgp2.int.ingv.it/~ads/seisnet_interface/)

<sup>4</sup> [http://hgp1.int.ingv.it/~ads/ads/station\\_status\\_map.php](http://hgp1.int.ingv.it/~ads/ads/station_status_map.php)

<sup>5</sup> <http://slmon1.int.ingv.it/~sysop/slmon/>

<sup>6</sup> <http://alomax.free.fr/seisgram/SeisGram2K.html>

<sup>7</sup> USGS, CERl, ISTI and the Earthworm Community, [2010].

Earthworm Documentation V7.4,

<http://folkworm.ceri.memphis.edu/ew-doc/>

Codice di rete	Sigla stazione	Chiusura	Localita' o nome della stazione	Data di apertura	Data di chiusura	Latitudine	Longitudine	Altitudine	Provincia	Funzionamento	Dataless
TV	A001	Aperta	Piccione	2010-02-09 12:00:00	2500-01-01 23:00:00	43.1671	12.5206	317		Funzionante, tutti i canali funzionanti	Download
TV	A004	Aperta	Sigillo	2010-02-08 13:00:00	2500-01-01 23:00:00	43.3304	12.7364	472		Funzionante, tutti i canali funzionanti	Download
SI	ABSI	Aperta	Aberstuckl (Sarntal)	2006-11-21 14:16:45	5138-11-16 09:46:39	46.7285	11.3205	1801	Estero	Tutti i canali guasti	Download
IV	ACER	Aperta	Acerenza	2007-07-05 12:00:00	5138-11-16 09:46:39	40.7867	15.9427	690	POTENZA	Funzionante, tutti i canali funzionanti	Download
NI	ACOM	Aperta	Acomizza	2005-02-01 12:00:00	5138-11-16 09:46:39	46.548	13.5137	1788	UDINE	Funzionante, tutti i canali funzionanti	Download
NI	AGOR	Aperta	Agordo	2007-01-06 00:00:00	5138-11-16 09:46:39	46.2329	12.0472	631	BELLUNO	Funzionante, tutti i canali funzionanti	Download
IV	AGST	Aperta	AUGUSTA	2003-03-01 00:00:00	5138-11-16 09:46:39	37.25652	15.22713	70	SIRACUSA	Tutti i canali guasti	Download
MN	AIO	Aperta	Antillo, Italy	2000-01-01 00:00:00	2999-12-31 23:59:59	37.9712	15.233	751	MESSINA	Funzionante, tutti i canali funzionanti	Download
IV	ALJA	Aperta	Alia	2008-02-14 10:00:00	5138-11-16 09:46:39	37.74897	13.75373	700	PALERMO	Funzionante, tutti i canali funzionanti	Download
IV	AMUR	Aperta	Altamura	2005-08-03 15:46:00	5138-11-16 09:46:39	40.9071	16.6041	443	BARI	Funzionante, tutti i canali funzionanti	Download
IV	AOI	Aperta	MONTE CONERO	2004-06-29 10:00:00	5138-11-16 09:46:39	43.55017	13.602	530	ANCONA	Funzionante, tutti i canali funzionanti	Download
IV	APPI	Aperta	APPIANO	2003-11-12 00:00:00	5138-11-16 09:46:39	46.47868	11.22813	1056	BOLZANO	Funzionante, tutti i canali funzionanti	Download

Figura 2. *SeisFace*, l'interfaccia web di gestione delle informazioni di stazione.

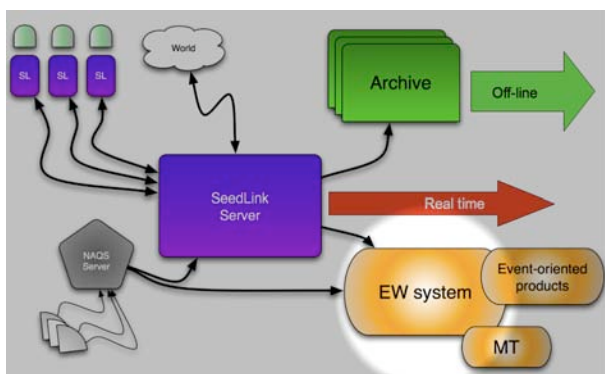


Figura 3. La localizzazione dei terremoti è affidata a *Earthworm*. La revisione è rimasta invariata (*SisPick!* e *Locator*, vedi Basili, 2008) per minimizzare l'impatto sul servizio di sorveglianza sismica e sulle operazioni del Bollettino [vedi Mele et al., 2011 - in questo volume].

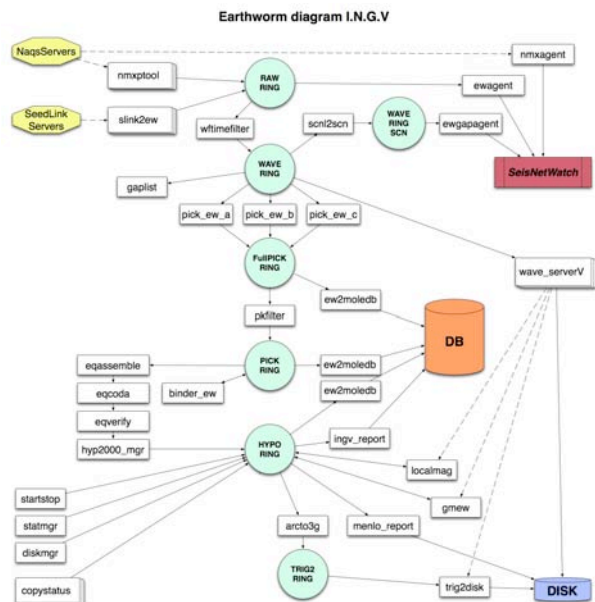


Figura 4. Schema dell'implementazione di *Earthworm* al CNT.

Sono in corso ulteriori migliorie volte soprattutto a ridurre i falsi *trigger* provenienti dalle stazioni più rumorose che, oltre a costituire un fastidio per i falsi eventi cui danno luogo, possono inficiare delle localizzazioni altrimenti valide. In *Figura 4*, lo schema dell'implementazione di *Earthworm* al CNT.

I risultati sono molto soddisfacenti, con *picking* molto accurati e localizzazioni automatiche molto buone. Durante la crisi dell'Aquilano il sistema, nonostante non fosse ancora nella sua veste attuale, si è

dimostrato molto stabile e tempestivo, senza ritardi anche se sottoposto ad un lavoro eccezionale. Una caratteristica degna di rilievo è la capacità di discriminare e localizzare terremoti contemporanei.

Il controllo del flusso dati in tempo reale è effettuato tramite *SeisNetWatch*<sup>1</sup> (Figura 5).

Il *software* permette all'operatore di controllare lo stato di funzionamento delle stazioni, con indicatori di colore verde, giallo e rosso. Il sistema è molto duttile e può essere configurato in molti modi. Per esempio, una stazione può essere dichiarata funzionante (o non funzionante) sulla base di vari parametri (p.e. numero di *gaps*, latenza, *offset*, etc.), diversi a seconda delle stazioni. Dalla stessa interfaccia grafica l'operatore può visualizzare grafici di funzionamento e informazioni riguardanti tutte le stazioni della rete o visualizzarne lo stato di funzionamento in mappa (Figura 6).

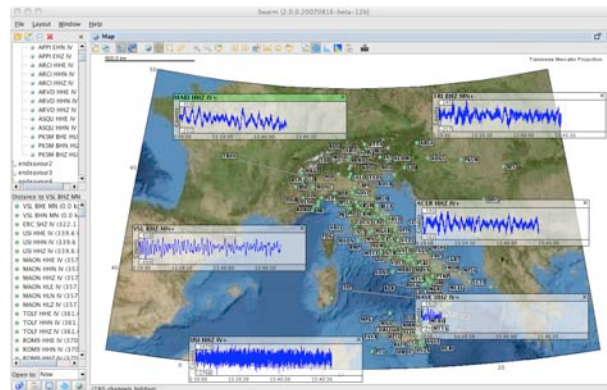
Il controllo del flusso dei dati è completato da *Swarm*<sup>2</sup>, che consente di visualizzare le tracce acquisite e analizzate sul sistema *Earthworm* in tempo reale. Le forme d'onda possono essere organizzate in *layout*, per facilitare il compito di controllo all'operatore, come forme d'onda, andamenti spettrali o spettrogrammi.



**Figura 5.** Il pannello di *SeisNetWatch* mostra lo stato di funzionamento della rete IV.

### La revisione delle localizzazione

Le localizzazioni prodotte dal nuovo sistema sono inviate immediatamente al *database* e pronte per essere distribuite ad utenti qualificati e applicazioni, tra cui il processo di revisione manuale dell'evento ad opera dei turnisti e successivamente del personale del Bollettino.



**Figura 6.** La visualizzazione delle forme d'onda acquisite da *Earthworm* è affidata a *Swarm*. Nella figura sono mostrate sulla mappa le registrazioni provenienti da sei siti della RSN.

A dispetto dei grossi cambiamenti avvenuti nel sistema, l'analisi interattiva è rimasta invariata, con l'adattamento dei programmi di revisione al nuovo sistema, per minimizzare l'impatto del nuovo sistema sulle operazioni del servizio di sorveglianza. La revisione delle forme d'onda è affidata a *SisPick2*<sup>3</sup> [Bono, 2008], che è stato interamente riscritto estendendone le possibilità per interagire con il *database* e il sistema *Earthworm*. Con lo stesso strumento, ovviamente corredato dalla *suite* di programmi per la localizzazione *Locator* (*off-line*), si continuano a rilocalizzare i terremoti per il servizio di sorveglianza sismica e per il Bollettino.

### La determinazione del tensore momento

La determinazione del tensore momento, denominata TDMT (*Time Domain Moment Tensor*) viene effettuata usando la tecnica di inversione dell'intera forma d'onda nel dominio del tempo proposta da Dreger and Helmberger [1993]. Tale tecnica è stata implementata in forma automatica cosicché il calcolo del momento tensore è avviato ogni qual volta si verifichi un terremoto di magnitudo uguale o superiore a 3.5. Dopo una selezione automatica delle stazioni, basata sull'ottimizzazione della copertura dell'evento in distanza e in *azimuth*, il sistema produce una prima stima automatica del momento tensore e di conseguenza dalla magnitudo momento.

La determinazione può essere facilmente e rapidamente rivista da un analista tramite un'interfaccia a linea di comando che consente di

<sup>1</sup> <http://www.isti.com/products/seisnetwatch>  
<sup>2</sup> <http://www.isti.com/>

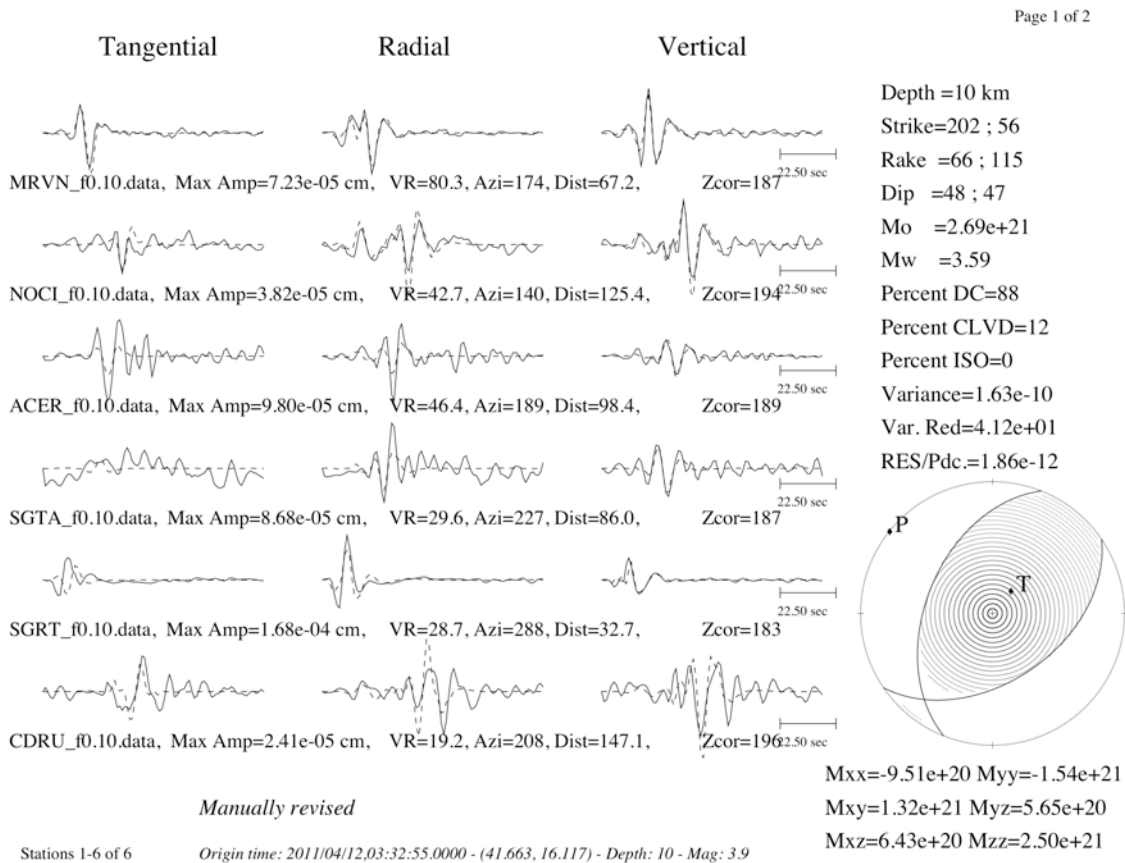
<sup>3</sup> <http://sispick.rm.ingv.it/>

includere ed escludere stazioni in modo interamente manuale e/o di avvalersi dell'algoritmo di ottimizzazione della distribuzione delle stazioni stesse.

Le determinazioni così effettuate sono inviate, come per gli altri prodotti del sistema ROSSO, al

*database*, dal quale sono poi distribuite via *email* alle persone interessate e pubblicate via *web*.

In *Figura 7*, un esempio di risultato della procedura di calcolo TDMT [Scognamiglio et al., 2009].



**Figura 7.** Esempio di risultato della procedura del calcolo del tensore momento (TDMT).

## Bibliografia

- Basili A. (2004). Manuale d'uso del programma Locator, INGV Open File Report.
- Bono A., (2008). SisPick! 2.0 Sistema interattivo per l'interpretazione di segnali sismici - Manuale utente. Rapporti Tecnici INGV N°58.
- Mele F.M, A. Bono, V. Lauciani, A. Mandiello, C. Marocci, S. Pintore, M. Quintiliani, L. Scognamiglio and S. Mazza (2010). Tuning an Earthworm phase picker, Rapporti Tecnici INGV N° 164.
- Dreger D. S., and D. V. Helmberger D.V. (1993). Determination of source parameters at regional distances with 3-component sparse network data, *J.Geophys. Res.*, 98, 8107- 8125.
- Scognamiglio L., E. Tinti & A. Michelini (2009), Real-Time Determination of Seismic Moment Tensor for the Italian Region, *BSSA*, 99, 2223-2242.



## ACQUISIZIONE DATI SISMICI PRESSO LA SEDE IRPINIA

Luigi Falco

*Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia, Centro Nazionale Terremoti*

### Introduzione

La sede Irpinia dell'INGV acquisisce i dati sismici di circa 340 stazioni remote utilizzando differenti sistemi di trasmissione dati:

- 96 stazioni *Nanometrics* Libra VSAT;
- 38 stazioni *Nanometrics* attraverso il collegamento *internet* con ETH-Zurigo, Sezione di Catania [vedi Di Prima et al., 2011 - in questo volume] e Dip.Te.Ris. [vedi Pasta et al., 2011 - in questo volume];
- 4 stazioni Wi-Fi 5 GHz;
- 3 stazioni Wi-Fi + ASTRA2Connect (Rete Sismica Mobile Montereale) [vedi Cardinale, 2010 e in questo volume];
- 3 stazioni UMTS;
- 196 stazioni attraverso un collegamento VPN con la sede INGV di Roma.

L'eterogeneità dei sistemi di trasmissione dati ha comportato la realizzazione di un segmento della rete informatica della sede Irpinia interamente dedicato all'acquisizione dei dati sismici (*Figura 1*) [Falco, 2006].

### Nanometrics Libra VSAT

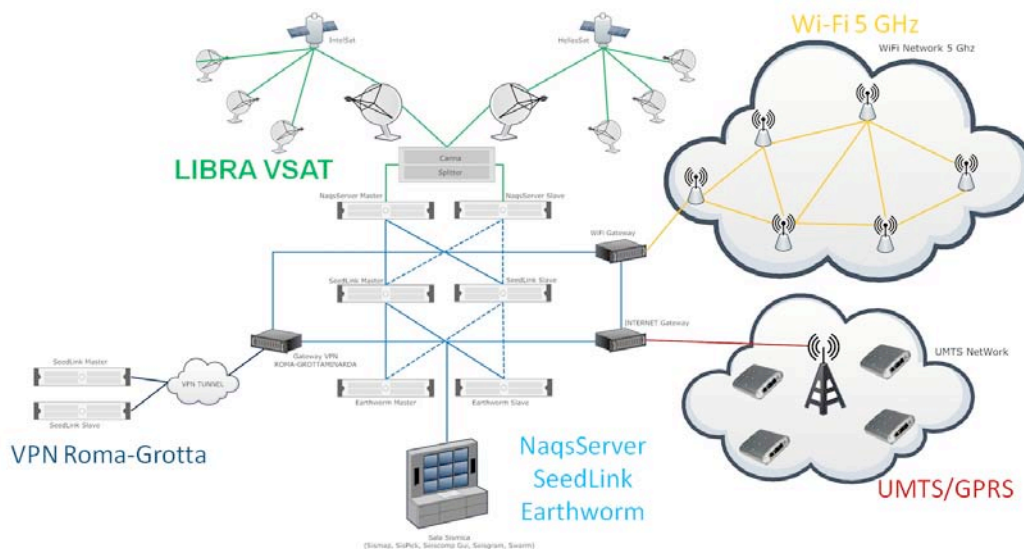
Il sistema Libra VSAT di *Nanometrics* (*Figura 2*) costituisce un vero e proprio *Hub* satellitare ospitato in sede. Il sistema utilizza i satelliti *IntelSat* ed *Hellas Sat* per la trasmissione dati delle stazioni remote; l'*hardware* comprende 5 *Splitter Combiner*, 16 *Carina Transceiver* e 2 *servers* di acquisizione dati *Naqs*.

### Wi-Fi Mesh Network a 5 GHz

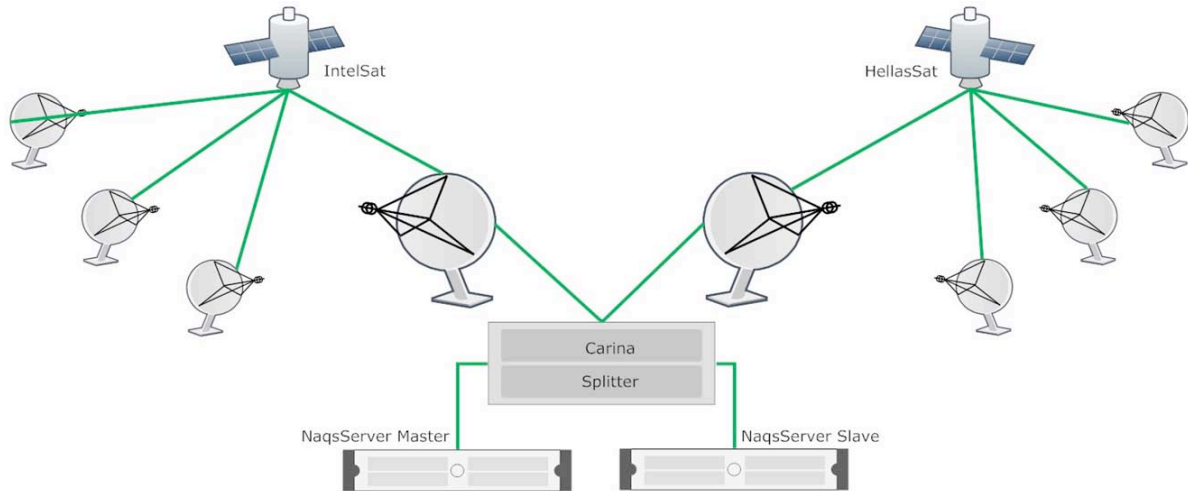
La tecnologia *mesh* non è una novità dal punto di vista tecnico, ma solo oggi sta incontrando grande approvazione.

Le reti *mesh* usano la stessa tecnologia del Wi-Fi ma con una topologia diversa.

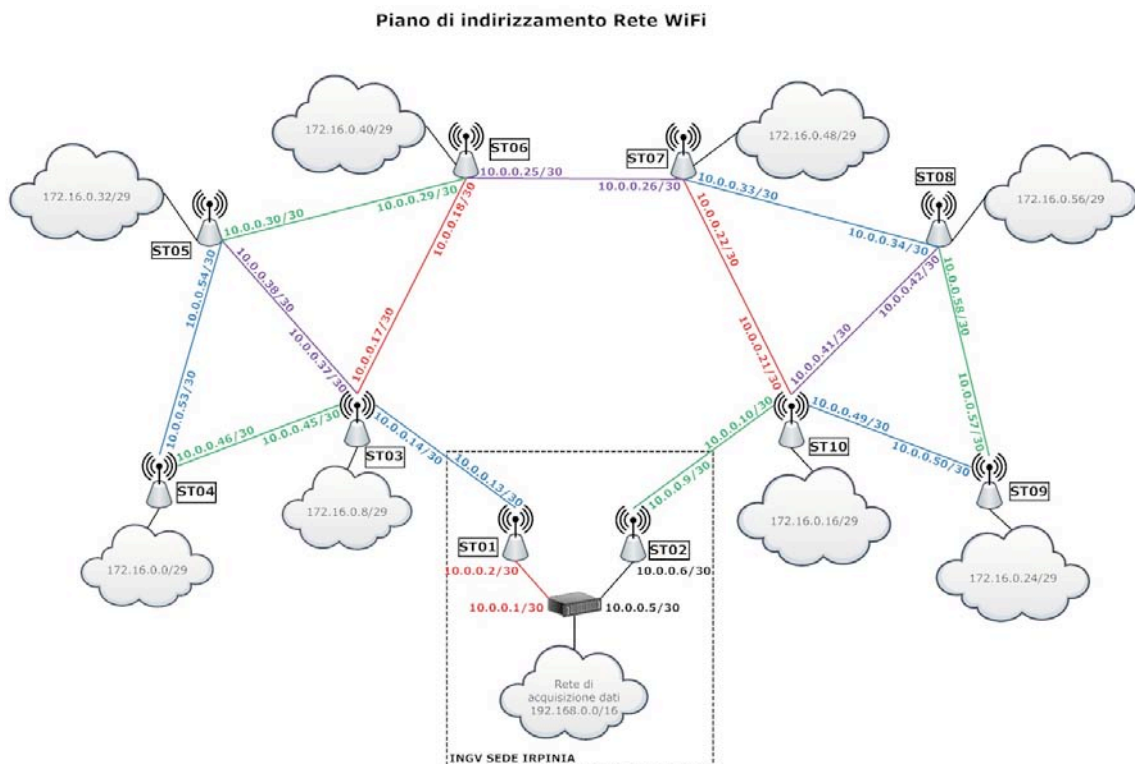
Nel sistema tradizionale, basato su *hot-spot*, l'architettura è ad albero, poiché ogni *access point* deve essere collegato alla rete fissa. Un approccio che può risultare troppo complesso e costoso in alcune situazioni, soprattutto quando le aree da coprire sono ampie.



**Figura 1.** Schema segmento rete informatica.



**Figura 2.** Schema sistema Nanometrics Libra VSAT.



**Figura 3.** Progetto rete *mesh* sede Irpinia.

Per questo, le reti *mesh* hanno un'architettura magliata, con un funzionamento analogo a quello di *internet*: gli *access point* sono in grado di dialogare tra loro e hanno tutti funzioni di *routing*, cioè sono in grado di inoltrare i pacchetti verso un altro nodo.

Ulteriori *access point* collegati fisicamente alla rete possono essere aggiunti per aumentare l'affidabilità complessiva del sistema o per migliorare il *throughput*, riducendo il numero di salti (*hop*) necessari per raggiungere il punto di interconnessione.

La sede Irpinia ha realizzato un'infrastruttura Wi-Fi di tipo *mesh* (Figura 3) per l'acquisizione di diverse stazioni sismiche.

### GPRS/EDGE/UMTS/HSDPA

Il collegamento UMTS/GPRS è utilizzato esclusivamente per lo scarico quotidiano del dato RAW GPS.

Ciò nonostante è stato testato con discreti risultati per la trasmissione *real time* dei dati sismici [Falco, 2008].

Le stazioni di BLLA, CAMP e SMA1 sono attualmente connesse con questo sistema di trasmissione.

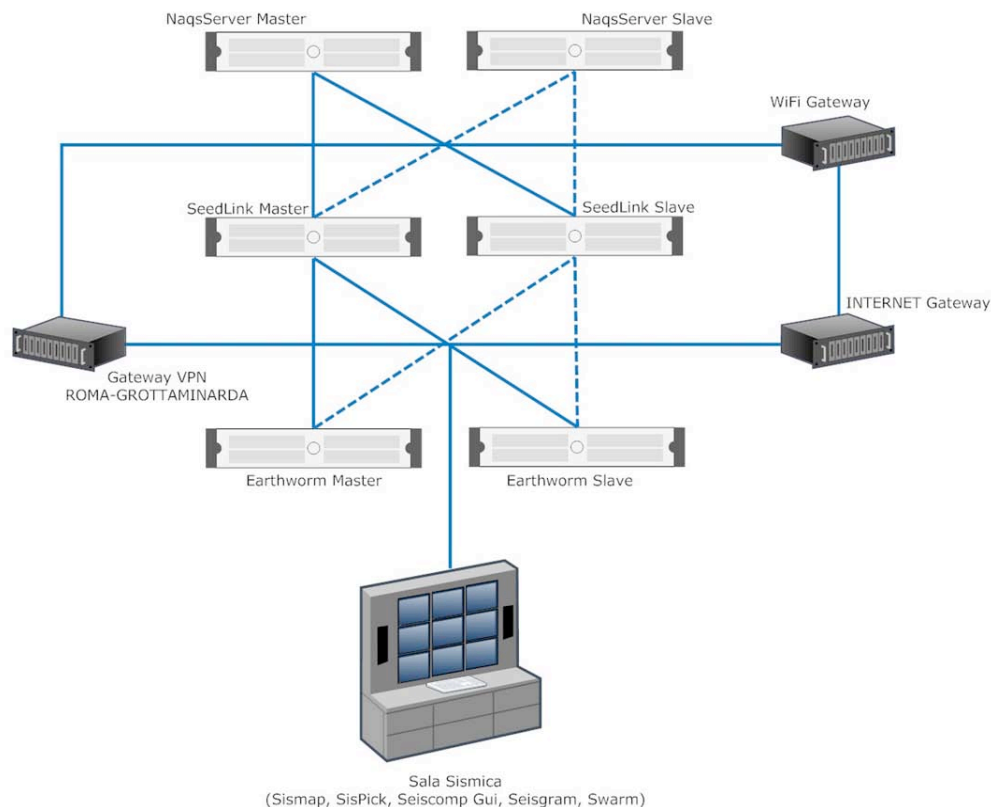
Tale sistema NON È UTILIZZATO per installazioni definitive di stazioni sismiche (per ovvi problemi legati alla alla rete dati cellulare) ma in situazioni di emergenza (CAMP e SMA1 ) o in caso di impossibilità nell'interconnettere il sito remoto con un altro sistema di trasmissione dati (BLLA).

### VPN Roma-Grottaminarda

La maggior parte delle stazioni della RSN [vedi Delladio, 2011 - in questo volume] non sono direttamente contattabili dalla sede Irpinia. Ci si riferisce alle 196 stazioni che utilizzano sistemi di trasmissione dati come CDN, CDA, RUPA o *SatLink*. Per questo motivo queste stazioni sono acquisite mediante un collegamento VPN Roma – Grottaminarda e l'utilizzo del protocollo applicativo *SeedLink*.

### Servizi di acquisizione dati

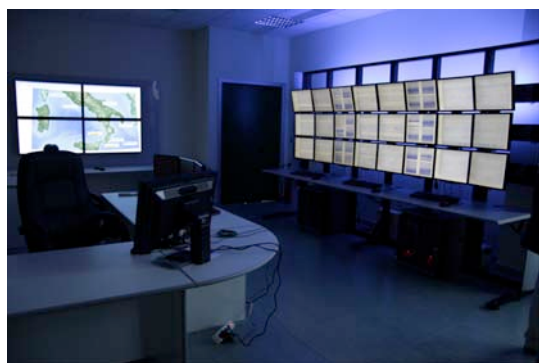
Il servizio di acquisizione dati e localizzazione degli eventi è affidato a 2 *Seedlink Server*, 2 *NaqsServer* e 2 *Earthworm Server*. La Figura 4 mostra la loro configurazione in un segmento di rete appositamente realizzato che assicura ridondanza all'intero sistema di sorveglianza sismica.



**Figura 4.** Rete di acquisizione dati.

### La sala sismica della sede Irpinia

In sala sismica (*Figura 5*) sono presenti *tools software* che connettendosi ai sistemi di acquisizione consentono di visualizzare in tempo reale i sismogrammi di tutte le stazioni sismiche, verificare lo stato di salute della RSN, effettuare controlli di qualità sui dati acquisiti, visualizzare le localizzazioni automatiche degli eventi sismici e gestire l'*Hub* satellitare Libra VSAT. La sala di monitoraggio sismico della sede Irpinia è stata designata come "*disaster recovery*" della sala di sorveglianza sismica principale situata presso la sede di Roma [vedi Basili, 2011 – in questo volume].



**Figura 3.** La sala sismica della sede Irpinia.

### Bibliografia

- Falco L. (2006). Realizzazione rete di acquisizione dati e segmento PDMZ (Partial DeMilitarized Zone) della rete telematica della sede di Grottaminarda dell'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia. Rapporti Tecnici INGV N°35.
- Falco L. (2008). Implementazione e gestione di una rete di monitoraggio GPS e sismica mediante tecnologie GPRS/EDGE/UMTS/HSDPA. Rapporti Tecnici INGV N°69.
- Cardinale V., Castagnozzi A., D'Ambrosio C., Falco L., Memmolo A., Minichiello F. (2010). Wi-Fi Mesh Network: integrazione dell'infrastruttura telematica della rete sismica e geodetica nazionale. Rapporti Tecnici INGV N°141.

## I SISTEMI DI ACQUISIZIONE DELLA SEZIONE DI CATANIA

Danilo Reitano, Orazio Torrisi, Marcello D'Agostino, Salvatore Mangiagli

*Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia, Sezione di Catania – Osservatorio Etneo*

### Introduzione

Nell'ambito delle attività istituzionali dell'INGV, l'Unità Funzionale Sala Operativa della Sezione di Catania (UFSO), si occupa da diversi anni, per la sua parte di competenza, dei sistemi di monitoraggio e sorveglianza del territorio siciliano.

Dal 2008 si è dato inizio alla fase esecutiva di ristrutturazione della Sala Operativa (SO) a Catania: i lavori eseguiti hanno riguardato una completa rivisitazione di tutta l'infrastruttura attraverso la riqualificazione e l'ottimizzazione dei locali e degli impianti presenti. Ampio spazio inoltre è stato dato all'*upgrade* dei sistemi presenti in sala, sia da un punto di vista *hardware*, ma soprattutto sono stati rivisti numerosi *software* di utilizzo comune che costituiscono l'ossatura principale dei sistemi presenti. In tal senso l'anno 2010 è da considerarsi cruciale per la realizzazione della nuova struttura poiché si è fisicamente realizzato il progetto nel seguito esposto. Poiché la SO offre un servizio alla collettività, non è stato possibile interromperlo per tutta la durata dei lavori edili e di realizzazione degli impianti. Allo scopo è stato compiuto un lavoro notevole dal personale UFSO che ha pianificato nei dettagli la movimentazione e successiva messa in servizio di una sala alternativa, ospitata presso la sede del CUAD a Catania, capace di garantire ai turnisti ed al personale tutto, la possibilità di effettuare correttamente le attività previste. Ai lavori edili ha fatto seguito l'attività di implementazione del nuovo sistema i cui *test* potevano essere effettuati solo a struttura ultimata. I dettagli di tutto il sistema, la scelta delle soluzioni adottate sono descritte nei paragrafi successivi. Alla fine di maggio del 2010, sebbene il sistema non fosse del tutto completo nella sua fase di implementazione *software*, si è convenuto di inaugurare la nuova SO ormai quasi del tutto completa nella infrastruttura.

### La nuova Sala Operativa

I principali punti cardine della ristrutturazione proposta possono così essere riassunti:

- realizzare un *videowall* per razionalizzare la fruizione dei dati parametrici in SO, e più in generale come *front-end* della Sezione per le comunicazioni con il mondo esterno;
- garantire le condizioni di lavoro richieste dai nuovi *standard*;
- integrare dati al momento non presenti secondo le richieste delle singole UF;
- dotare il personale di nuovi strumenti al fine di minimizzare i tempi operativi;
- incrementare la continua efficienza di servizi;
- utilizzare le più avanzate tecnologie per raggiungere questi obiettivi;
- migliorare la funzionalità durante i contesti di emergenza.



**Figura 1.** Vista d'insieme della nuova SO.

Il sistema di visualizzazione dei segnali in SO precedentemente utilizzato poneva dei limiti sia sull'espansione nel numero di tracce visualizzate, sia sulla ridondanza *hardware* e la capacità di gestione dei sistemi stessi. Si è quindi progettato un migliore utilizzo di tutti gli spazi disponibili ed un *videowall controller* per la centralizzazione e l'organizzazione di tutto il flusso di segnali presenti. La tecnologia del sistema consente anche una disposizione logistica ottimale dello spazio a disposizione, limitando l'utilizzo dei cavi e delle prese di rete. Infine, a vantaggio della continuità di

servizio, il sistema garantisce ridondanza *hardware* dei suoi vari componenti e possibilità di gestione remota dalla rete.

### Trattamento e visualizzazione dei dati

Tutta l'ergonomia della sala è stata rivista e parte preponderante della ristrutturazione ha riguardato la posa in opera del nuovo sistema *videowall* per la visualizzazione dei segnali multi-parametrici delle varie reti di acquisizione nella rinnovata SO (Figure 1 e 2). L'implementazione ha riguardato l'installazione ed il cablaggio di una matrice di 6x4 *monitor* LCD 24" con risoluzione massima 1920x1200 px sui cui vengono plottate tutte le informazioni di interesse.



Figura 2. Particolare del *videowall*.

In dettaglio:

- i sismogrammi digitali *near real-time* relativi a 40 stazioni sismiche suddivise per settore di interesse (sommitali Etna, sommitali Stromboli, Etna, Eolie, Iblei, Peloritani, fuori rete);
- l'andamento del tremore vulcanico alle stazioni di riferimento dei vulcani Etna, Vulcano e Stromboli;
- la localizzazione della sorgente del tremore vulcanico;
- l'andamento delle stazioni GPS per la misura della deformazione del suolo;
- il quadro sinottico del funzionamento dei principali sistemi confluenti in SO;
- le spie di allertamento per il superamento della soglia del tremore e il *trigger* di eventi eruttivi alle telecamere ad infrarossi;
- la localizzazione mediante interfaccia *Google Maps* degli eventi provenienti dal sistema di localizzazione del CNT.

Su una ulteriore matrice di 7 *monitor* LCD di grandi dimensioni (3 x 52", 4 x 52") sono invece

visualizzati i segnali video relativi alla rete di telecamere video e infrarossi di Etna, Vulcano e Stromboli, l'andamento del segnale sismico in *real-time* delle stazioni sismiche prossimali ai crateri (il *monitor* è installato in verticale), l'andamento grafico della situazione dei venti sull'area regionale delle reti di acquisizione, le mappe epicentrali relative ai sistemi di localizzazione automatica.

Da un punto di vista *hardware* il sistema risulta costituito da 2 macchine *server Disk-less* gemelle ad alte prestazioni (processore *quad-core* 'XEON-DP' con *hardware* ridondato e 12 GB RAM espandibili fino a 96 GB per ciascuna macchina) su cui sono state installate schede HBA in fibra ottica, per la connessione ad un apparato di *storage* con dischi ad accesso veloce con tecnologia SAS. L'adozione di un apparato di *storage* ha reso possibile l'implementazione di politiche orientate all'alta disponibilità delle applicazioni del *videowall*.

Un grande elemento di novità è rappresentato dalla tecnologia di copia *point-in-time SnapShot* e dalla ridondanza *hardware* di tipo RAID 6 fornite dallo *storage*, che permettono un facile e rapido ripristino da eventuali danni generati a livello di sistema operativo mentre l'adozione di sistemi operativi *Windows Server 2003 Enterprise* e *Windows Server 2008 R2 64 bit* garantiscono una maggiore stabilità e robustezza dell'intera applicazione.

Nonostante la messa in opera del sistema *videowall* sia stata anticipata rispetto ai tempi previsti, essa ha rivelato un solido funzionamento generale, sebbene alcuni problemi tecnici, siano emersi al momento dell'integrazione dei sistemi componenti. In particolare il progetto iniziale prevedeva l'installazione su una singola macchina *server* di tutto l'*hardware* necessario (PCI *expansion box* e relative schede video multi-*monitor*) al funzionamento di un *videowall* costituito da una matrice video di 8x4 *monitor* LCD 19" con risoluzione 1280x1024 px con la presenza di una macchina *server* gemella di *backup*. Tuttavia, successive modifiche imposte al progetto originario in conseguenza dello sviluppo tecnologico e del relativo abbattimento dei costi dell'*hardware* per la visualizzazione video, nonché la richiesta di maggiore superficie di visualizzazione e risoluzione (LCD 24" in sostituzione degli LCD da 19", adozione di *monitor* da 46" e 52", risoluzione video di 1920x1280 px invece di 1280x1024 px) hanno reso la gestione unificata del *videowall* con le schede in nostro possesso non praticabile. Infatti, a causa

dell'indisponibilità dei *driver* per il recente *Windows Server 2008 R2 64 bit* e del parziale supporto di tutte le modalità di visualizzazione e sincronizzazione dei *monitor* eterogenei è stato al momento indispensabile costruire il sistema differenziando le funzionalità delle due macchine *server*. Ciò però non ha fermato lo sviluppo tecnologico e lo studio di nuove soluzioni: ulteriori sviluppi attualmente in fase di progetto, prevedono l'acquisizione di nuove schede video più performanti e di nuovo *hardware* per l'espansione del *bus PCI-e 16x* che consentiranno allo stesso tempo un approccio modulare e ridondante nella gestione dell'*hardware* di supporto al *videowall*, a vantaggio della solidità dell'applicazione, e il passaggio completo alla piattaforma OS *Windows Server 2008 R2 64 bit*. Quest'ultima in particolare consentirà di avvalersi a pieno dei vantaggi prestazionali legati all'architettura a *64 bit*, nonché l'approccio applicativo ad alta disponibilità delle applicazioni *software* che presiedono al funzionamento della SO.

### I sistemi di acquisizione

Negli ultimi anni è stato consolidato il funzionamento del sistema di acquisizione dei dati con particolare riferimento alla gestione digitale di quelli sismici. L'operazione è stata condotta procedendo all'omogeneizzazione dei singoli sottosistemi (analogico, satellitare, digitale), adottando nuove soluzioni strumentali e riorganizzando i vari processi ed il flusso dei dati. A tal proposito, l'utilizzo del pacchetto *Earthworm* si è rivelato cruciale nel fornire una piattaforma integrata per la gestione unificata del flusso degli stessi. Grazie ad una rete complessa ed all'utilizzo di più nodi di acquisizione, ubicati presso le sedi di Catania (sede di P.zza Roma e CUAD), di Lipari, e di Stromboli e avvalendosi di un sistema multinodale vengono acquisiti i segnali relativi alle stazioni della Rete Sismica Permanente [vedi Di Prima et al., 2011 - in questo volume] facenti capo alla Sezione di Catania (analogiche e *Nanometrics*), nonché quelli della rete sismica digitale di Stromboli gestita dall'OV - Sezione di Napoli [vedi Orazi et al., 2011a - in questo volume]. Il sistema è costituito da tre nodi principali per l'acquisizione dei segnali delle varie *subnet* (Iblei, Etna, Eolie, Peloritani, progetto APQ-Sicilia, digitali OV) e di un nodo concentratore. Presso quest'ultimo un *software* customizzato (*TankToDMX*) presiede alla creazione in *real-time* dei *file* in formato SUDS demultiplexato. A causa del fatto che l'acquisizione e l'elaborazione digitale dei segnali avviene presso una sede decentrata (CUAD), il *software TankToDMX* genera due diversi tipi di

archivi: il primo per le elaborazioni *on line*, l'altro, in formato compresso (*bzip2*), per ottimizzare il trasferimento dei dati verso la sede che ospita la SO. In *Figura 3*, lo schema del sistema di acquisizione.

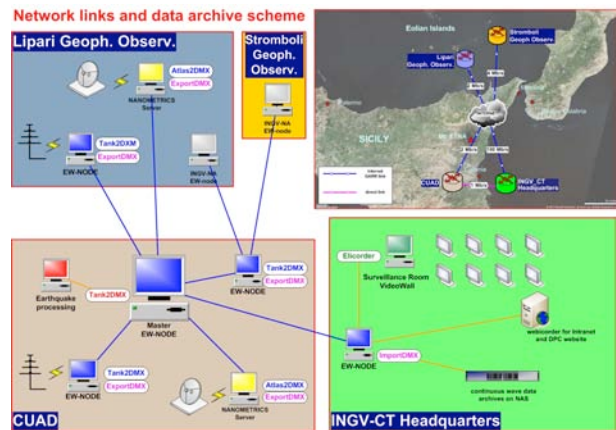


Figura 3. Schema a blocchi del sistema.

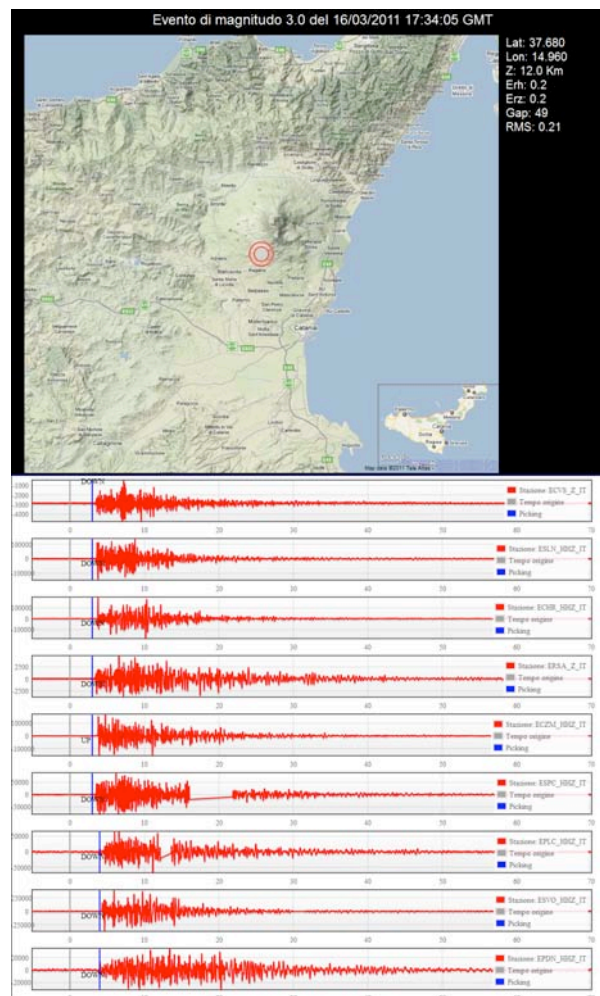


Figura 4. Particolare dell'interfaccia di localizzazione in *test* che riporta la sequenza di arrivo dei segnali.

Dal *server* tutti i segnali vengono esportati verso il nodo (denominato EWKATALOC) su cui è installato il sistema di localizzazione automatica degli eventi sismici basato su piattaforma *Earthworm* (Figura 4).

Il modulo *RingToSQL* cattura e trasferisce i messaggi ARC dal *ringbuffer* di *Earthworm* al *database* MySQL parametrico, da cui vengono estratte le informazioni della localizzazione automatica plottata in SO attraverso una nuova interfaccia *web based*.

Sono in fase di *test* molte altre applicazioni per una migliore fruizione dei parametri presenti in SO, dai sistemi di veicolazione delle informazioni da fornire agli Enti preposti alla gestione integrata dei sistemi di controllo capaci di fornire lo *status* di tutta la catena di acquisizione e di inviare allarmi al personale preposto su anomalie riscontrate durante il funzionamento. Tutto il sistema in questione è supportato da interfacce *web* consultabili a vari livelli di accesso.

**Ringraziamenti.** Un sentito ringraziamento ad Alfio Amantia per l'utilizzo delle foto della SO.

## **Bibliografia**

- Mangiagli S., La Via M., D'Agostino M., Reitano D., Torrisi O. (2010). Realizzazione del portale Web della Sezione di Catania. Rapporti Tecnici INGV N°148.
- Aliotta, M., Montalto, P., Prestifilippo, M., Cannata, A., D'Agostino, M., Ferrari, F., Torrisi, O. (2010). Banca dati per la gestione delle reti strumentali in dotazione all'INGV - Sezione di Catania: dalla progettazione concettuale al software applicativo. Rapporti Tecnici INGV N°153.
- Messina A., D'Agostino M., Langer H., Reitano D., (2010). On Line Monitoring and automatic classification of volcanic tremor on Mt. Etna. EGU – European Geosciences Union, General Assembly, Vienna (Austria), maggio 2010.
- Reitano D., (2010). DIVO: Database of Italian Volcanoesi, Workshop “Pericolo Vulcani”, Roma 6-11 luglio 2010.



## I SISTEMI DI ACQUISIZIONE DELL'OSSERVATORIO VESUVIANO

Rosario Peluso, Walter De Cesare, Giovanni Scarpato

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

### Introduzione

La RSP [vedi Orazi et., 2011a - in questo volume] dell'OV integra al suo interno circa 50 stazioni piuttosto eterogenee sia per quel che riguarda l'acquisizione che il trasporto dei dati: stazioni analogiche a corto periodo, digitali a larga banda, acustiche ed a corto periodo, alcune delle stazioni campane provenienti dalla RSN del CNT [vedi Delladio, 2011 - in questo volume] e i dati provenienti dai 6 dilatometri installati al Vesuvio ed ai Campi Flegrei. Vengono inoltre acquisiti anche i dati sismici ed acustici provenienti dalla rete sismica di Stromboli.

Le stazioni della rete analogica vengono acquisite tramite una scheda *National Instrument*, mentre le stazioni digitali utilizzano diversi tipi di acquisitori. Vengono utilizzati principalmente acquisitori sviluppati all'interno dell'Istituto: le stazioni GILDA [Orazi et al., 2006; 2008 e in questo volume] e "Criceta", sviluppate presso l'OV e le stazioni GAIA 1 e 2, sviluppate presso il CNT [Salvaterra et al., 2008]. In misura minore si utilizzano anche acquisitori commerciali (Quanterra Q330, utilizzati per la rete dilatometrica campana) o sviluppati ad *hoc* per applicazioni speciali. Fanno parte di quest'ultima categoria le *ShoeBox* utilizzate per l'acquisizione dei due dilatometri di Stromboli che sono state sviluppate presso il Dipartimento di Magnetismo Terrestre della *Carnegie Institution of Washington*.

### *Earthworm*

L'integrazione tra sorgenti così diverse è stata effettuata utilizzando la *suite Earthworm*<sup>1</sup> sviluppata presso l'USGS e consistente in un insieme di piccoli programmi estremamente specializzati per un unico compito. Moduli integrati in *Earthworm* sono stati scritti sia per l'acquisizione di stazioni "fatte in casa" [Peluso and De Cesare, 2006] che per effettuare analisi e/o controlli specifici.

Esso viene utilizzato per realizzare un'acquisizione distribuita geograficamente, sfruttando i suoi moduli di rete per creare una serie di

"sottostazioni" di acquisizione sparse sul territorio. I dati provenienti da queste sottostazioni vengono poi accentrati presso l'OV per successive manipolazioni ed analisi. In *Figura 1* sono rappresentate le connessioni tra i vari calcolatori che fanno parte di questa complessa rete di acquisizione.

L'acquisizione è affidata a due macchine di acquisizione entrambe equipaggiate con una scheda *National Instrument*. L'acquisizione è effettuata a 100 sps con 16 *bit* per campione. La temporizzazione è ottenuta acquisendo il segnale DCF contemporaneamente ai dati sismici. Un modulo scritto ad *hoc* inserisce i dati così ottenuti nel sistema *Earthworm* per poi venire ritrasmessi alla Sede Centrale dell'OV tramite linea Telecom ed un *wireless* punto-punto garantendo così la ridondanza della linea stessa.

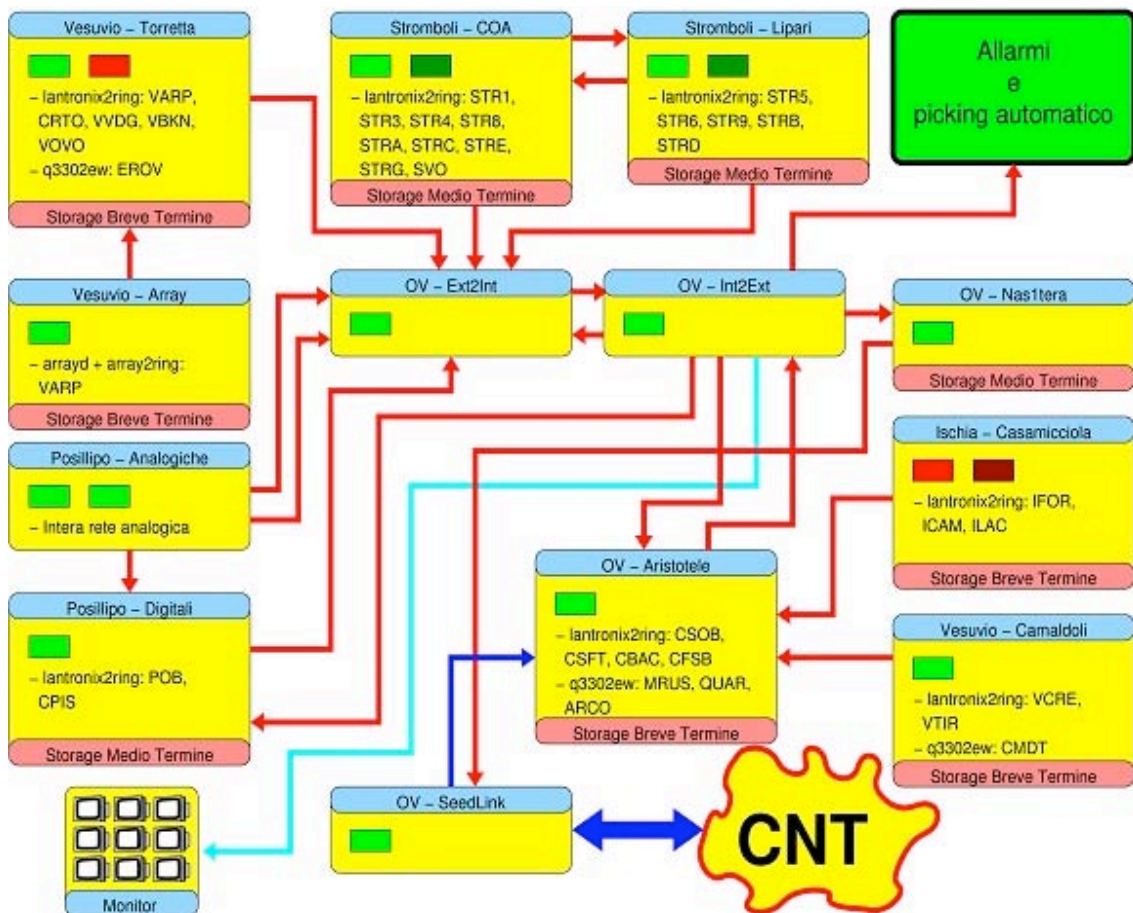
Le due macchine di acquisizione sono anch'esse ridondanti ed in configurazione *master/master*: entrambe acquisiscono i dati e li ritrasmettono all'OV, la discriminazione tra quali dati utilizzare è effettuata "a valle" alla Sede Centrale.

### Acquisizione stazioni digitali

Per garantire l'acquisizione delle stazioni digitali sono stati creati 8 centri di acquisizione distribuiti sul territorio. Alcuni di essi, situati in punti particolarmente critici (Stromboli, Lipari, Ischia, Vesuvio), sono stati attrezzati con macchine ridondate. Il sistema di ridondanza [Peluso et al., 2009] è composto da due macchine *Linux* in configurazione *master/slave*. Una sola delle due è in acquisizione in ogni momento, lasciando all'altra il compito di intervenire in caso di guasti del *master*. Questo meccanismo, comandato da *Heartbeat*<sup>2</sup>, utilizza uno spazio disco condiviso tramite il *Distributed Replicated Block Device* [Ellenberg, 2007; Peluso et al., 2009]. La configurazione *master/slave* permette di avere un unico flusso di dati dal centro periferico riducendo così la richiesta di banda verso la Sede Centrale.

<sup>1</sup> <http://folkworm.ceri.memphis.edu/ew-doc>

<sup>2</sup> <http://www.linux-ha.com>



**Figura 1.** Schema delle connessioni tra i vari calcolatori che costituiscono la rete *Earthworm* di acquisizione. Non sono esplicitamente mostrati i calcolatori ed i moduli per l'analisi dei dati sismici.

I sistemi sono configurati in modo da trasmettere notifiche di eventuali anomalie tramite *email* o *sms*. Inoltre ogni notte viene inviata una *email* riassuntiva dello stato dei sistemi fino a quel momento.

Le singole stazioni sismiche trasmettono verso i centri di acquisizione utilizzando diversi tipi di vettori: *wireless*, *radiomodem*, linee punto-punto o ADSL. A loro volta i centri periferici sono collegati alla Sede Centrale con diversi tipi di dorsale a seconda dei casi: *wireless*, GARR, (H/A)DSL, satellite.

I dati vengono acquisiti nei centri periferici utilizzando programmi specifici per il sistema *Earthworm*: in particolare per le stazioni GILDA, GAIA e Criceta viene utilizzato il programma *lantronix2ring* [Peluso and De Cesare, 2006] scritto presso l'OV. Anche per l'acquisizione in tempo reale dei dilatometri di Stromboli e dell'*array* vesuviano vengono utilizzati programmi scritti presso l'OV. Al contrario, per i dilatometri che utilizzano il Quanterra Q330 si usa il modulo *standard* di *Earthworm q3302ew*.

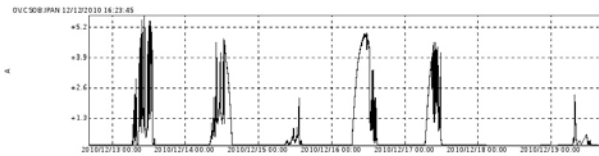
I moduli *export/import* di *Earthworm* vengono utilizzati per la trasmissione dei dati dai centri periferici alla Sede Centrale.

In caso la qualità della rete lo renda necessario vengono utilizzate le varianti "*ack*" dei suddetti moduli, in modo da garantire la continuità del dato in seguito ad interruzioni "brevi" dei *link*.

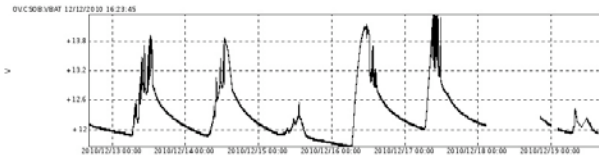
I centri periferici fungono anche da *storage* di primo livello per i dati sismici. In caso di interruzioni "lunghe" delle linee dati viene effettuata una sincronizzazione a posteriori utilizzando *cron+rsync* ed alcuni programmi scritti *ad hoc*.

### Controllo stato stazioni digitali e centri periferici

Per il controllo dello stato delle stazioni sismiche digitali è stato sviluppato un sistema che permette di monitorare, ad esempio, la corrente erogata dai pannelli solari o il livello di tensione delle batterie. Una semplice interfaccia *web* permette di accedere e di visualizzare questi dati a richiesta. Nelle *Figure 2 e 3* sono mostrati degli esempi di grafici ottenuti grazie a questo sistema.



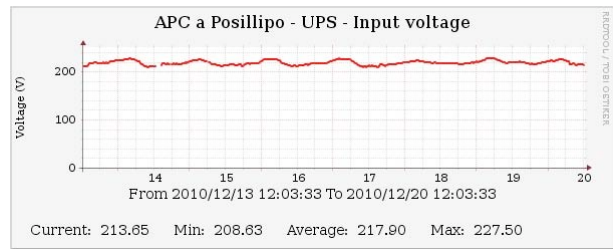
**Figura 2.** Esempio di una settimana di registrazione della corrente erogata dai pannelli solari per una stazione GILDA.



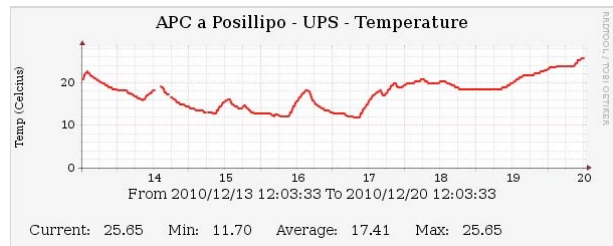
**Figura 3.** Esempio di una settimana di registrazione della tensione delle batterie per una stazione GILDA.

Per il monitoraggio dello stato degli UPS nei centri di acquisizione periferici si è deciso di utilizzare il sistema NUT<sup>1</sup>. Esso può essere configurato in modo da avvertire di eventuali malfunzionamenti tramite *email* o *sms*. Inoltre è possibile ottenere lo stato degli UPS tramite il protocollo SNMP. Si è allora provato ad utilizzare un sistema di *monitoring* quale *cacti*<sup>2</sup> per il controllo di questi apparati. I risultati di questa sperimentazione sono stati incoraggianti: nelle *Figure 4* e *5* si possono vedere due grafici relativi all'UPS installato a Posillipo ottenuti con *cacti*.

Come sviluppo futuro in questa direzione, si pensa di realizzare il telecontrollo dei sistemi *Earthworm* tramite il protocollo SNMP ed un'eventuale integrazione con un sistema di *monitoring* quale possa essere lo stesso *cacti* o simile. Questo richiederà, tra le altre cose, lo sviluppo di moduli di *Earthworm* in grado di comunicare lo stato dei sistemi tramite SNMP.



**Figura 4.** Andamento della tensione di ingresso per l'UPS di Posillipo.



**Figura 5.** Andamento della temperatura per l'UPS di Posillipo.

## Bibliografia

- Ellenberg L., (2007). Drbd 8.0.x and beyond shared-disk semantics on a shared-nothing cluster. In LinuxConf Europe 2007, August 10th 2007, Cambridge.
- Orazi M., Martini M. and Peluso R., (2006). Data acquisition for volcano monitoring. EOS, 87(38), 19 september 2006.
- Orazi M., Peluso R., Caputo A., Capello M., Buonocunto C. and Martini M., (2008). A multiparametric low power digitizer: project and results. In Conception, verification and application of innovative techniques to study active volcanoes (W. Marzocchi and A. Zollo eds.), pp. 435-460. Copyright © (2008) INGV.
- Peluso R., De Cesare W. (2006). Acquisizione dati da stazioni sismiche digitali tramite Earthworm in ambiente GNU/Linux. Rapporti Tecnici INGV N°8.
- Peluso R., Buonocunto C., Caputo A., De Cesare W., Orazi M. and Scarpato G. (2009). Tecniche di Alta Disponibilità per l'acquisizione di dati sismici in ambiente GNU/Linux: un'applicazione alla rete sismica di Stromboli. Quaderni di Geofisica N°74.
- Salvaterra L., Pintore S. and Badiali L., (2008). Rete sismologica basata su stazioni GAIA. Rapporti Tecnici INGV N° 68.

<sup>1</sup> <http://www.networkupstools.org/>

<sup>2</sup> <http://www.cacti.net/>

## ACQUISIZIONE PRESSO LA SEDE DI ANCONA

Marco Cattaneo, Ezio D'Alema, Massimo Frapiccini,  
Simone Marzorati, Giancarlo Monachesi

*Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia, Centro Nazionale Terremoti*

### Introduzione

In questo lavoro viene descritto il complesso sistema di acquisizione dati della RSM [vedi D'Alema et al., 2011 - in questo volume], costituita da 58 stazioni collegate in tempo reale e 13 stazioni *dial-up*. I dati delle stazioni in tempo reale sono acquisiti con il programma *Seiscomp3*<sup>1</sup>; la detezione degli eventi sismici viene eseguita con il programma *Earthworm* ed infine l'analisi e l'interpretazione degli eventi viene effettuata attraverso il programma *SacPicker* di Daniele Spallarossa [vedi Spallarossa, 2011 - in questo volume]. La parte di rete *dial-up* è basata sul sistema *Lennartz Mars88*<sup>2</sup> ed è configurata in modo autonomo dalla rete in tempo reale. I dati delle due reti vengono successivamente uniti in un unico *dataset* ai fini di una interpretazione interattiva congiunta.

### La rete in tempo reale

In *Figura 1* è rappresentato il diagramma del sistema di acquisizione dati ad Ancona. Il *server* "Santemidio" è stato configurato per essere di fatto all'interno di una sottorete INGV-Roma (192.168.1.0), anche se fisicamente è ubicato ad Ancona, ed ha la possibilità di poter accedere anche alla rete *Marche-Way* 10.198.16.0 [Sensale et al., 2009]. A questo *server* sono preclusi i normali servizi pubblici *web* attraverso regole di *firewall* [Monachesi et al., 2010]. Su questa macchina è stato configurato il sistema di acquisizione dati *Seiscomp3*. Con tale configurazione la sede di Ancona ha contemporaneamente una funzione di *client* e una di *server* per la sala di sorveglianza sismica INGV di Roma. I dati delle stazioni sismiche installate sul territorio Umbria-Marche collegate via satellite direttamente alla sede di Roma sono automaticamente reindirizzati verso la sede di Ancona (*client*). Viceversa, tutte le stazioni con trasmissione dati per mezzo della rete *Marche-Way* sono ricevute direttamente alla sede di

Ancona (*server*), la quale li reindirizza verso la sala di sorveglianza sismica di Roma in tempo reale. I segnali acquisiti vengono forniti in tempo reale anche al programma *Earthworm*, il quale esegue il *trigger* di rete e la *detection* dell'evento sismico. Un demone *Linux*, appositamente configurato, avvia l'esecuzione di una serie di *script* scritti in *bash*<sup>3</sup> per eseguire il taglio degli eventi e la trasformazione dal formato *miniSEED* al formato SAC<sup>4</sup>.

Il secondo *server* "Acquisition" è abilitato ai servizi pubblici *web* e tramite le regole del *firewall* può accedere ai dati del *server* "Santemidio" e alla rete interna della Regione Marche 10.6.26.0. Con questa configurazione è stato possibile acquisire direttamente i dati di 4 stazioni collegate con *router* UR5 UMTS/GPRS<sup>5</sup> altrimenti impossibile per le regole del *firewall*. Come accennato in precedenza, *Seiscomp* permette contemporaneamente di avere una funzione *client* e una *server* verso un'altra macchina *Seiscomp*. Attraverso il *server* "Acquisition" è quindi possibile scambiare dati sismici con altre istituzioni e altre sedi INGV, autorizzate. Nel corso degli anni questa funzione è stata brillantemente collaudata con la Sezione INGV di Milano-Pavia, con la quale tutt'ora vengono scambiati dati sismologici.

Sul *server* "Santemidio" è stata realizzata una procedura automatica che esegue il *download* di alcuni *file* di servizio sulle stazioni remote GAI2, contenenti informazioni sul livello dell'alimentazione e sul numero di satelliti visti; queste informazioni vengono passate automaticamente al *server* "Acquisition" all'interno delle rete informatica Regione Marche, il quale le dirotta verso la prima delle due macchine *videowall* installate nel centro di acquisizione dati di Ancona (*Figura 1* a destra).

<sup>1</sup> [www.seiscomp3.org](http://www.seiscomp3.org)

<sup>2</sup> <http://www.lennartz-electronic.de>

<sup>3</sup> <http://www.gnu.org/software/bash/>

<sup>4</sup> [www.iris.edu/software/sac/](http://www.iris.edu/software/sac/)

<sup>5</sup> <http://www.conel.cz/en/>

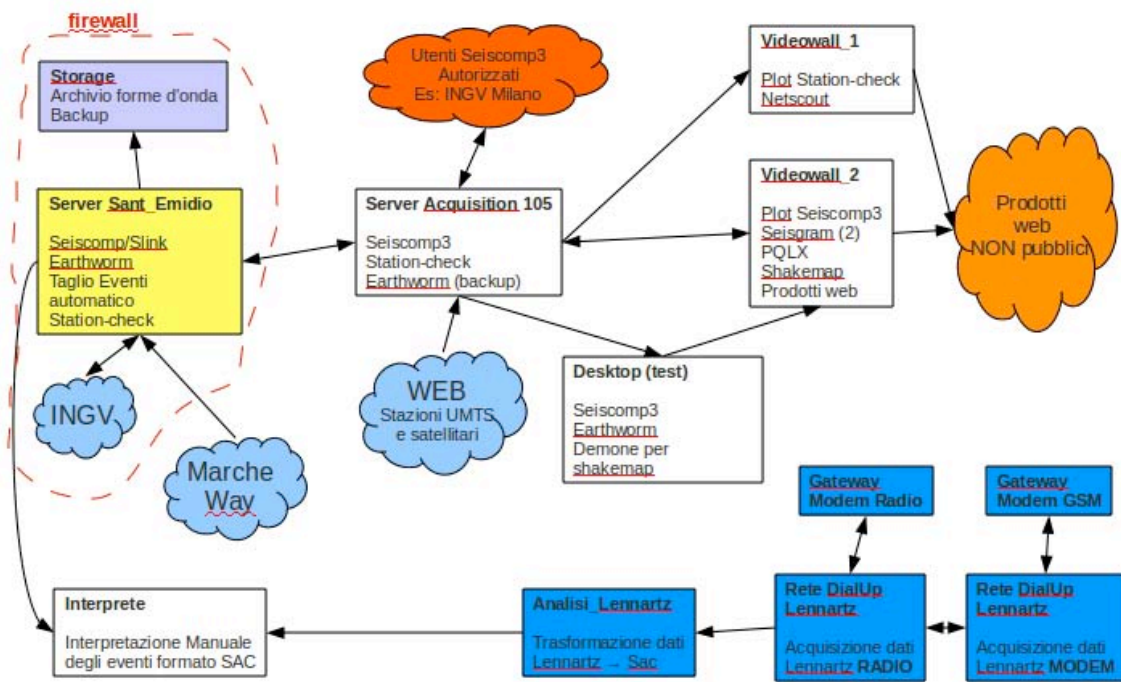


Figura 1. Diagramma del sistema di acquisizione ad Ancona.

Sulla seconda macchina *videowall* è stata installata e configurata un'altra versione del programma *Seiscomp3*, con tutte le librerie grafiche per la visualizzazione dei segnali sismici e lo stato di funzionamento delle stazioni. In Figura 2 è possibile vedere il *monitor* del *videowall-2*, con i 5 pannelli raffiguranti dal basso verso l'alto: *status* delle stazioni; mappa delle stazioni (destra), tracce componenti verticali delle stazioni *broad-band* (sinistra); tracce componenti verticali delle stazioni *short-period* (sinistra) ed accelerometriche (destra).

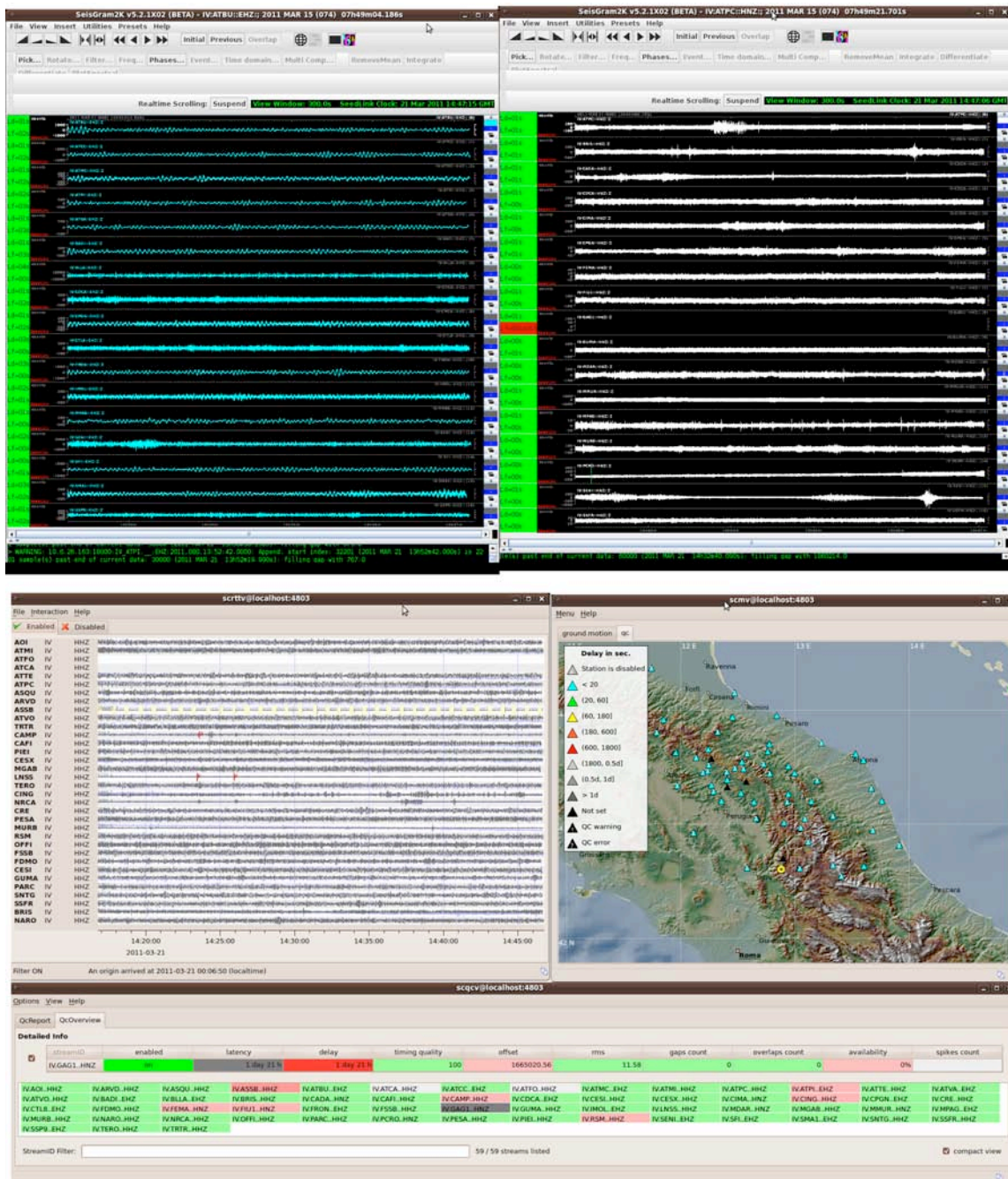
Su questa macchina sono stati configurati tutti i pacchetti *software* "PQLX"<sup>1</sup> per l'analisi della rumorosità dei siti, del rapporto segnale disturbo, della qualità dei segnali sismici registrati e tutto il pacchetto *ShakeMap* per il calcolo delle mappe di scuotimento reale dei terreni in caso di terremoti<sup>2</sup>. Per poter studiare la corretta configurazione del pacchetto *ShakeMap* integrato con *Earthworm*, è stata configurata una macchina di *test* temporanea (Figura 1). Su tale macchina è stato possibile creare un demone *Linux* che, all'accadimento di un particolare evento, esegue una serie di *script*: in particolare è stato fatto in modo che il demone

monitorizzi la variazione del contenuto della cartella in cui sono scritti i *file* relativi alla dichiarazione di nuovo evento ad opera di *Earthworm* ed esegua una serie di *script* che trasferiscono i dati necessari sulla macchina remota sulla quale è stata installata *ShakeMap* e successivamente esegua i processi per la sua creazione se l'evento analizzato ha una magnitudo superiore ad una soglia preconfigurata. Terminata la fase di *test* delle procedure, queste verranno installate direttamente sul *server* "Santemidio".

Per poter studiare la corretta configurazione del pacchetto *ShakeMap* integrato con *Earthworm*, è stata configurata una macchina di *test* temporanea (Figura 1). Su tale macchina è stato possibile creare un demone *Linux* che, all'accadimento di un particolare evento, esegue una serie di *script*: in particolare è stato fatto in modo che il demone monitorizzi la variazione del contenuto della cartella in cui sono scritti i *file* relativi alla dichiarazione di nuovo evento ad opera di *Earthworm* ed esegua una serie di *script* che trasferiscono i dati necessari sulla macchina remota sulla quale è stata installata *ShakeMap* e successivamente esegua i processi per la sua creazione se l'evento analizzato ha una magnitudo superiore ad una soglia preconfigurata. Terminata la fase di *test* delle procedure, queste verranno installate direttamente sul *server* "Santemidio".

<sup>1</sup> [www.iris.edu/software/pqlx](http://www.iris.edu/software/pqlx)

<sup>2</sup> <http://earthquake.usgs.gov/earthquakes/shakemap/>



**Figura 2.** Monitor videowall-2 raffigurante lo status delle stazioni (basso), la mappa delle stazioni (centro-destra), la componente verticale delle stazioni *broad-band* (centro-sinistra), delle stazioni *short-period* (alto sinistra) ed accelerometriche (alto-destra).

### La rete dial-up

La rete *dial-up* è interamente costituita da stazioni *Lennartz Mars88* connesse alla sede di Ancona tramite un collegamento radio UHF o con *modem* GSM, utilizzando il sistema *Lennartz* per reti *dial-up* [D'Alema E. e Marzorati S., 2003]. I dati nel

formato binario *Lennartz* sono trasformati nel formato SAC e successivamente uniti ai dati della rete in tempo reale.

I dati relativi a tutte le stazioni sono analizzati ed interpretati da personale esperto, utilizzando il *software java SacPicker* scritto da Daniele Spallarossa dell'Università di Genova [vedi

Spallarossa, 2011 - in questo volume], con l'individuazione delle diverse fasi sismiche, successiva localizzazione e calcolo della magnitudo.

### **Bibliografia**

- D'Alema E. e Marzorati S. (2003). Metodologie per l'installazione e la gestione delle stazioni sismiche Mars88 Modem Controls. Rapporti Tecnici INGV N° 21.
- Monachesi G. e Cattaneo M. (2010). La dorsale radio Wi-Fi per il monitoraggio multiparametrico in Alta Val Tiberina. Rapporti Tecnici INGV N°129.
- Sensale Gianpaolo, Diego Sorrentino, Francesco Zanolin, Lucio Badiali, Francesca Caprara, Pietro Ficeli, Melissa Mendicino, Massimiliano Rossi, Manuela Sbarra (2009). Il progetto per la rete dati della sede INGV di Ancona. Rapporti Tecnici INGV N°112.

## LA BASE DI DATI ISIDE: STATO ATTUALE E POSSIBILI SVILUPPI

Franco Mele<sup>1</sup>, Alberto Basili<sup>1</sup>, Andrea Bono<sup>1</sup>, Valentino Lauciani<sup>1</sup>, Alfonso Mandiello<sup>1</sup>,  
Carlo Marcocci<sup>1</sup>, Salvatore Mazza<sup>1</sup>, Stefano Pintore<sup>1</sup>, Matteo Quintiliani<sup>1</sup>,  
Laura Scognamiglio<sup>1</sup>, Giulio Selvaggi<sup>1</sup>

**Analisti:** Luca Arcoraci<sup>1</sup>, Patrizia Battelli<sup>1</sup>, Michele Berardi<sup>1</sup>, Corrado Castellano<sup>1</sup>, Angela Chesi<sup>1</sup>, Giulio Lozzi<sup>1</sup>, Andrea Malagnini<sup>2</sup>, Giorgio Modica<sup>1</sup>, Anna Nardi<sup>1</sup>, Mario Pirro<sup>1</sup>, Antonio Rossi<sup>1</sup>, Sabina Spadoni<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia, Centro Nazionale Terremoti

<sup>2</sup>Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia, Roma 2 - Geomagnetismo, Aeronomia e Geofisica Ambientale

### Introduzione

La pagina web ISIDE<sup>1</sup> [ISIDE Working Group, 2010] ha costituito il primo tentativo di mettere a disposizione di tutta la comunità scientifica, in tempo quasi-reale, sia i segnali della RSN che i parametri ipocentrali relativi agli eventi accaduti nel territorio nazionale. Nonostante le intenzioni iniziali, il suo utilizzo è andato oltre gli scopi prefissati: la pagina è diventata una fonte di informazione per tutti i cittadini italiani coinvolti nel risentimento di eventi sismici (Figura 1).



**Figura 1.** Andamento degli accessi a ISIDE nel periodo 1-1-2009, 31-12-2010 (modificato da Google Analytics). L'inizio dell'utilizzo della pagina da parte di un pubblico generico coincide con l'inizio della sequenza dell'Aquila, nell'aprile 2009. Sono stati effettuati oltre 20.000 accessi il 31 agosto 2010, dopo il verificarsi nello stesso giorno di 3 terremoti di magnitudo 3.4, 3.6 e 3.3 nell'area di Montereale.

### Cosa distribuisce?

La pagina web distribuisce oggi, in tempo quasi-reale, le localizzazioni riviste dai sismologi in turno di sorveglianza presso la sede romana del CNT, effettuate con i segnali della RSN. Questi dati vengono poi aggiornati con i risultati della

revisione e pubblicazione periodica del Bollettino Sismico Italiano<sup>2</sup>. La data di inizio dei parametri contenuti in ISIDE è il 16 aprile 2005. Ad ogni terremoto viene associato un file compresso contenente le registrazioni in formato SAC delle stazioni che hanno permesso la localizzazione.

Una pagina interattiva essenziale permette di selezionare gli eventi per magnitudo, data e area geografica (rettangolo geografico o cerchio centrato in un punto geografico o in un comune italiano). È possibile estrarre i parametri ipocentrali in formato CSV (per elaborazioni in Excel) o kml visibile in Google Earth. Si attende la pubblicazione del CSI 2.0 (Catalogo della Sismicità Italiana) per una eventuale inclusione, in ISIDE, di dati che estendano all'indietro nel tempo il contenuto del database.

### A chi si rivolge?

Nelle intenzioni iniziali la pagina web di ISIDE era rivolta solamente ai sismologi. Tuttavia, a causa della pubblicazione di tutti i terremoti rivisti in sala di sorveglianza sismica senza limitazione di magnitudo, ISIDE divenne una fonte di informazione molto utilizzata dagli abitanti dell'Aquila durante la sequenza sismica del 2009. Da quel momento è stata un riferimento per tutti i cittadini coinvolti da eventi sismici. La pagina ha superato i 20.000 accessi il 31 agosto 2010 (Figura 1) a seguito di tre terremoti nello stesso giorno avvenuti nell'area di Montereale, 20 km a NNW dell'Aquila ( $M_L$  3.4, 3.6 e 3.3).

### Completezza

Allo stato attuale ISIDE contiene le localizzazioni riviste di tutti i terremoti regionali registrati dalla RSN nel periodo che va dal 16 aprile 2005 a oggi. Quella data costituisce un punto di svolta perché si

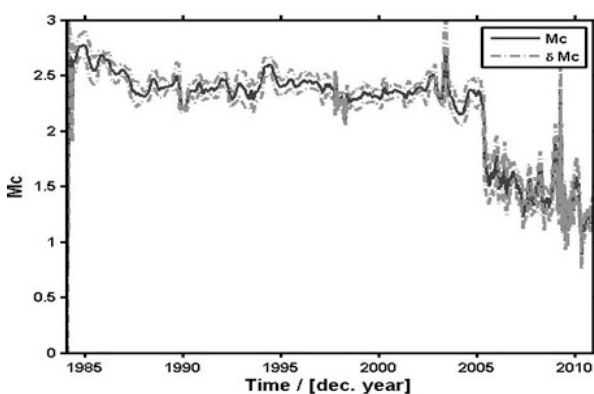
<sup>1</sup> <http://ISIDE.rm.ingv.it>

<sup>2</sup> <http://bollettinosismico.rm.ingv.it>



iniziò allora, nella produzione del Bollettino Sismico Italiano, l'analisi di *routine* dei dati di tutta la rete sismica digitale che l'INGV aveva cominciato a costruire a partire dalla fine degli anni '90 e che nel 2005 contava già oltre 200 stazioni [Amato et al., 2006]. Fino ad allora il Bollettino era stato prodotto analizzando unicamente i dati della rete analogica a corto periodo che, alla sua massima estensione verso la fine degli anni '90, aveva contato al più un centinaio di stazioni.

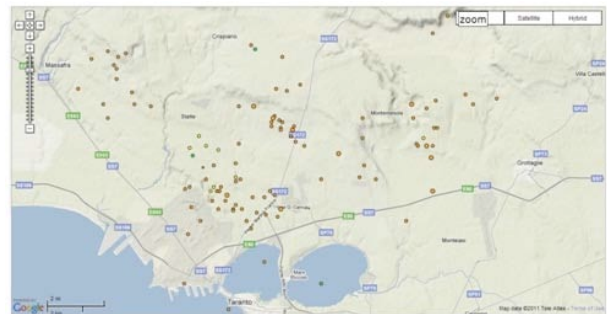
La *Figura 2* mostra l'andamento della magnitudo minima di completezza del Bollettino Sismico Italiano tra il 1985 e l'inizio del 2010. La magnitudo minima di completezza era rimasta pressoché invariata durante tutti gli anni '90 e nel primo quinquennio del XXI secolo, attestandosi intorno a  $M_L$  2.4. A partire dall'aprile 2005 la magnitudo minima di completezza è scesa a valori oscillanti tra 1.5 e 1.8. Due lavori successivi [Shorlemmer et al. 2010a, 2010b] hanno analizzato in dettaglio la completezza probabilistica del Bollettino Sismico Italiano a partire dal 16 Aprile 2005 mettendo in evidenza una grande variabilità sia spaziale che temporale della magnitudo minima dei terremoti localizzabili; essa scende fino a magnitudo  $M_L$  1.5 in alcune aree dell'Appennino centro-settentrionale in condizioni ottimali (con tutta la RSNI funzionante), ma raggiunge, ad esempio, la magnitudo  $M_L$  2.9 in Sicilia orientale in caso di assenza di connessione delle stazioni della rete del Belice.



**Figura 2.** Andamento della magnitudo minima di completezza del Bollettino Sismico Italiano tra il 1985 e il 2010 (ZMAP, Wiemer [2001]). Nel periodo 1984-2005 il Bollettino veniva prodotto analizzando i dati della Rete Sismica Analogica a corto periodo. Solo a partire dal 16 aprile 2005 fu iniziata l'analisi completa dei segnali di tutta la Rete Sismica Nazionale Digitale dell'INGV; a quella data la magnitudo minima di completezza subì una drastica diminuzione da 2.4 a 1.8.

## Esplosioni in cava

Studi recenti [Mele et al., 2010] hanno messo in evidenza la presenza, all'interno del Bollettino Sismico Italiano successivo all'aprile 2005, di un numero non trascurabile di falsi eventi di piccola magnitudo erroneamente indicati di origine tettonica, che sono da attribuire ad attività estrattive in cave a cielo aperto. In particolare è stato analizzato in dettaglio il Bollettino Sismico Italiano del 2008 con il *software* ZMAP [Wiemer, 2001]: una grande variazione di sismicità tra le ore notturne e le ore diurne mette in evidenza la presenza di eventi che non possono essere attribuiti a sorgenti tettoniche.



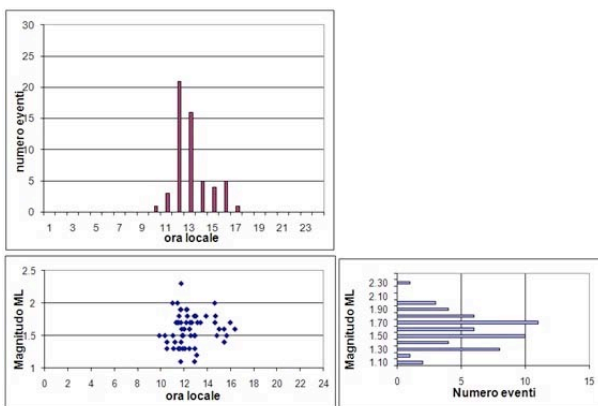
**Figura 3.** Eventi presenti nel Bollettino Sismico Italiano nei pressi di Taranto, estratti da ISIDE nel periodo 2005-2010. Essi sono completamente attribuibili ad attività antropica. L'area di sfruttamento estrattivo si estende per 10 chilometri in direzione Nord-Sud e per oltre 20 chilometri in direzione Est-Ovest.

Sono state individuate per ora 14 aree di attività estrattiva. Le cave non si presentano quasi mai come punti unici, di area limitata; al contrario intere aree, che possono superare anche la decina di chilometri di diametro, vengono sfruttate in numerosi punti contemporaneamente. Inoltre ogni punto di estrazione ha una vita limitata: quando l'estrazione raggiunge il fondo valle, la cava viene abbandonata a favore di un'altra postazione a distanza di centinaia di metri o qualche chilometro dalla prima.

La *Figura 3* mostra oltre 100 eventi presenti nel Bollettino Sismico Italiano tra il 2005 e il 2010 in un'area nelle immediate vicinanze di Taranto (tra 40.48N e 40.64N in latitudine, tra 17.13E e 17.47E in longitudine). La zona è notoriamente priva di attività tettonica sismogenetica: questi eventi sono tutti attribuibili ad esplosioni.

Si veda a tal proposito la *Figura 4*; essa riporta la distribuzione degli eventi nelle ore del giorno e in magnitudo. Le ore notturne sono totalmente prive di sismicità; tutti gli eventi si concentrano tra le 10 e le 17, ora locale. La distribuzione della magnitudo ha moda  $M_L$  1.7; tutti gli eventi sono di magnitudo inferiore o uguale a 2 (unica eccezione: un evento di magnitudo 2.3).

I segnali generati dalle esplosioni sono caratterizzati dalla presenza di onde superficiali facilmente confondibili con fasi Sg. Ciò impedisce di riconoscere le esplosioni dalla semplice localizzazione che spesso non risulta in superficie come dovrebbe.



**Figura 4.** Distribuzione degli eventi nelle ore del giorno e in magnitudo, in un'area alla periferia di Taranto, estratti da ISIDE nel periodo 16 aprile 2005-dicembre 2010. La magnitudo più frequente è 1.7; la magnitudo massima è 2.3. Tutti gli eventi avvengono tra le 10 e le 17, ora locale; sono completamente assenti eventi in orario notturno.

## Conclusioni

Il *database* e la pagina *web* ISIDE permettono di accedere ai parametri ipocentrali e ai segnali degli eventi regionali localizzati dalla RSNi a partire dal 16 aprile 2005. La base di dati verrà integrata con i dati parametrici del periodo 1981-15/4/2005 estratti dalla versione 2.0 del Catalogo Sismico Italiano [Castello et al. 2005<sup>3</sup>], quando disponibile. La presenza di una quantità di eventi di origine antropica che vengono erroneamente interpretati come terremoti di origine tettonica richiede di risolvere due problemi: in primo luogo occorre eliminare tali eventi dai bollettini già pubblicati. In

<sup>3</sup> <http://csi.rm.ingv.it/>

secondo luogo occorre mettere a punto strumenti idonei che permettano il loro riconoscimento durante la revisione interattiva giornaliera effettuata dagli analisti.

## Bibliografia

- Amato A., Badiali L., Cattaneo M., Delladio A., Doumaz F. and F. M. Mele (2006). The real-time earthquake monitoring system in Italy, *Géosciences Révue du BRGM*, 70-75.
- Castello, B., G., Selvaggi, C., Chiarabba, and A., Amato (2005). Catalogo della sismicità italiana – CSI 1.0 (1981-2002).
- ISIDE Working Group (2010). Italian Seismological Instrumental and parametric database: <http://iside.rm.ingv.it>.
- Mele F., Arcoraci L., Battelli P., Berardi M., Castellano C., Lozzi G., Marchetti A., Nardi A., Pirro M., Rossi A.. (2010). Bollettino Sismico Italiano 2008. Quaderni di Geofisica, N°85.
- Schorlemmer, D., F. Mele and W. Marzocchi (2010a). A completeness analysis of the national seismic network of Italy, *J. Geophys. Res.*, 115, B04308; doi: 10.1029/2008JB006097.
- Schorlemmer D., Christophersen A., Rovid, A., Mele F., Stucchi, M., and Marzocchi, W. (2010b). Setting up an earthquake forecast experiment in Italy. *Annals Of Geophysics*, 53(3), 1-9. doi:10.4401/ag-4844.
- Wiemer S., (2001). A software package to analyze seismicity: ZMAP. *Seismol. Res. Lett.*, 72, 373-382.

## L'ARCHIVIAZIONE E LA DISTRIBUZIONE DEI DATI SISMOLOGICI DEL CNT E L'INTEGRAZIONE DEI DATI DELLA RETE SISMICA MOBILE

Salvatore Mazza, Andrea Bono, Valentino Lauciani, Carlo Marcocci, Alfonso Mandiello,  
Lucia Margheriti, Franco Mele, Milena Moretti, Stefano Pintore,  
Matteo Quintiliani, Laura Scognamiglio, Giulio Selvaggi

*Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia, Centro Nazionale Terremoti*

### Introduzione

Il CNT ha sviluppato un nuovo sistema per l'archiviazione e la distribuzione di dati sismici prodotti dalla RSN [vedi Delladio, 2011 - in questo volume]. La base del nuovo sistema è costituita da un protocollo (ed un *software* che lo implementa) denominato *ArcLink* (AL), compagno del già noto e diffuso protocollo di trasmissione dati *SeedLink* (SL). AL, sviluppato presso GFZ, Potsdam<sup>1</sup> nel corso del Progetto Europeo NERIES<sup>2</sup>, realizza un sistema per l'integrazione di archivi distribuiti EIDA<sup>3</sup> (*European Integrated Data Archive*), cui contribuiscono 4 grandi Istituti europei: GFZ (Potsdam, Germania), IPGP (Parigi, Francia), ODC (ORFEUS Data Center, De Bilt, Paesi Bassi) e INGV (Roma, Italia).

L'approccio tramite AL alla distribuzione dei dati comporta l'enorme vantaggio di mostrare agli utenti archivi distinti (spesso anche geograficamente) come un unico archivio. L'utente può accedere al dato disinteressandosi di dove esso risiede e dei tecnicismi con i quali è reso disponibile.

I dati della RSN sono archiviati in tempo reale, in una struttura di *file*. Parallelamente le informazioni di stazione vengono raccolte in un *database*. Dati e metadati sono distribuiti in volumi SEED (*Standard for Exchange of Earthquake Data*) tramite pagina *web* o tramite *client* ai *webservices*. I volumi vengono preparati al volo a seconda delle richieste.

Dopo la realizzazione di EIDA sulla base degli archivi nazionali sopraindicati, il sistema è stato allargato ai dati provenienti da reti temporanee. I dati provenienti dalla RSM del CNT [vedi Moretti e Govoni., 2011 - in questo volume] sono adesso accessibili con gli stessi strumenti e le stesse modalità di quelli della RSN, fatte salve le

temporanee limitazioni richieste dai produttori dei dati, nel caso di esperimenti.

### L'archiviazione

L'obiettivo di archiviare i dati è naturalmente quello di renderli disponibili agli utenti (i ricercatori) in modo semplice, completi delle informazioni sussidiarie (i metadati) necessarie alla loro analisi e secondo dei formati *standard*.

Trattandosi di dati a larga banda, è importante che essi siano continui, perché non sia determinata a priori la ricerca che se ne vuole fare. Le informazioni di stazione devono essere accurate, perché sia possibile ricavare informazioni da tutta la forma d'onda. Il *database* delle informazioni di stazione, nonostante il grande sforzo profuso, è ancora soggetto a mancanze ed imprecisioni, soprattutto per quanto riguarda i dati degli anni passati, per i quali le informazioni disponibili sono difficili da reperire o per quelle stazioni che non sono gestite direttamente dal personale INGV.

I dati della RSN sono archiviati in tempo reale e quindi trasferiti sulla SAN (*Storage Area Network*) del CNT, così come i dati provenienti dalla ReMoTel. [vedi Abruzzese et al., 2011 e in questo volume], del tutto equivalenti a quelli della rete permanente, sotto il punto di vista dell'archiviazione. I dati registrati dalle stazioni temporanee *stand-alone* vengono pre-processati ed inclusi nell'archivio del CNT in modo del tutto analogo.

L'archiviazione avviene dal *server SeedLink*, indipendentemente dal protocollo e/o dal formato alla stazione, in *file* giornalieri per canale all'interno di una struttura di *directory* SDS (*SeisComP Data Structure*) anno/rete /stazione/canale, in formato *miniSEED* (*DataOnly SEED*).

I dati vengono archiviati a diversi passi di campionamento (p.e. a 100, 20, 1 e 0.1 sps), in modo da lasciare che l'utente possa attingere al passo di campionamento più adatto alla sua ricerca, senza dover estrarre quantità di dati enormi senza necessità. Per esempio, gli studi basati sulle

<sup>1</sup> [http://www.webdc.eu/webdc\\_sum.html](http://www.webdc.eu/webdc_sum.html)

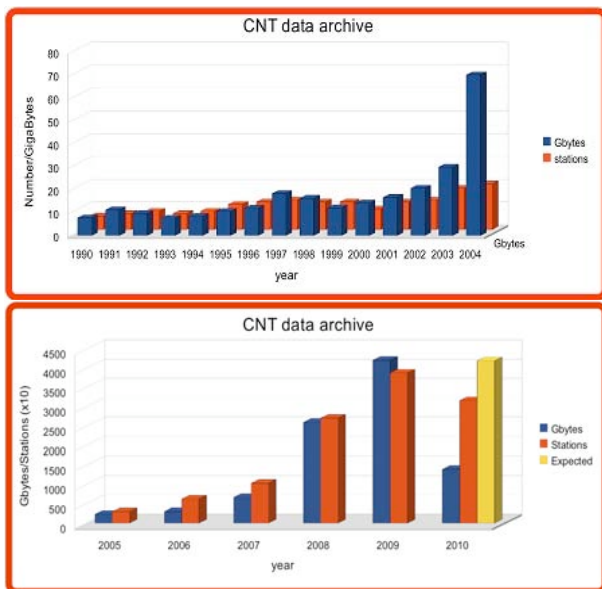
<sup>2</sup> <http://www.neries-eu.org>

<sup>3</sup> <http://eida.rm.ingv.it/>

registrazioni telesismiche hanno spesso bisogno di segmenti molto lunghi, il cui contenuto in frequenza non va oltre pochi Hz: il flusso a 20 sps è sufficiente e molto più pratico.

Il sottocampionamento è al momento prodotto alla stazione e i vari flussi vengono archiviati senza modifiche. Di conseguenza esiste una certa eterogeneità fra esse, a seconda dei passi di campionamento definiti dall'installatore. È in fase di valutazione l'idea di trasferire dalle stazioni solo il flusso principale (a più alto passo di campionamento) e di creare i flussi sottocampionati al Centro Dati.

In *Figura 1* vengono mostrati i dati e le stazioni presenti nell'archivio del CNT (*Figura 1, in alto*: 1990-2004; *Figura 1, in basso*: 2005-2010). Da notare, che nel periodo 1990-2007, i dati si riferiscono alla sola rete *MedNet*<sup>4</sup>.



**Figura 1.** Dati e stazioni presenti nell'archivio del CNT (gli anni 1990-2007 sono relativi alle sole stazioni *MedNet*).

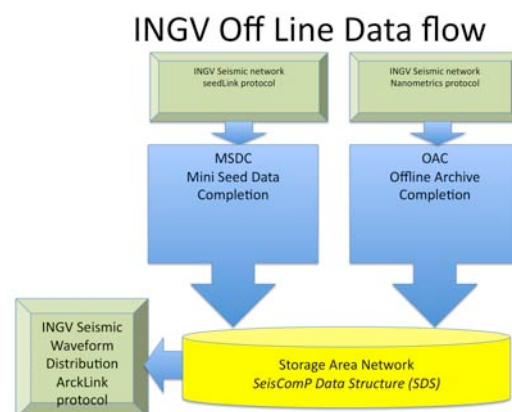
### Il recupero dei dati

Per assicurare la maggiore continuità possibile del dato sono state sviluppate due diverse procedure, dipendenti dal tipo di protocollo con cui essi vengono acquisiti, prima di essere convogliati verso il server *SeedLink*: *MSDC* (*MiniSEED Data Completion*) e *OAC* (*Offline Archive Completion*).

*MSDC* agisce sulle stazioni che dispongono a loro volta di un server *SeedLink* e quindi di un'archiviazione locale (p.e. le stazioni munite di *GAIA* o *Quanterra*). I pacchetti sono trasmessi in sequenza. Una loro perdita è legata solitamente all'interruzione del collegamento per una durata superiore a quanto contenuto nel *buffer* della stazione (per interruzioni brevi, nell'ordine di qualche ora, i dati sono recuperati automaticamente, con una latenza). La procedura quotidianamente si connette alle stazioni e completa eventuali lacune con i dati presenti nell'archivio locale della stazione.

*OAC* è una procedura che provvede invece alle stazioni basate sul sistema *Lybra* della *Nanometrics* e sui protocolli di trasmissione *NaqsServer/DataServer*. I dati delle stazioni acquisite in tempo reale tramite il *NaqsServer* possono presentare dei *gap*, i quali sono generalmente piccoli e dovuti ad un'eccessiva latenza nel tempo di recupero dei pacchetti ritrasmessi. Per questo motivo, i dati archiviati sul *DataServer* saranno sicuramente non meno completi di quelli acquisiti in tempo reale. *OAC* basa il suo funzionamento sull'utilizzo di *nmxptool*, un software open-source sviluppato da *INGV*, per mezzo del quale ogni giorno estrae dal *DataServer*, per tutte le stazioni interessate dai *gap*, i dati di tutto il giorno precedente. In questo modo essa è in grado di generare un archivio *SDS* contenente i dati delle stazioni *Nanometrics*, al massimo della loro completezza.

In *Figura 2*, lo schema mostra il flusso dati: dall'acquisizione alla distribuzione, evidenziando le procedure di completamento.



**Figura 2.** Flusso dati dall'acquisizione alla distribuzione.

<sup>4</sup> <http://mednet.rm.ingv.it/>

## Controllo di qualità

Oltre al controllo sulla presenza di interruzioni, ai dati è applicato un controllo di qualità in due fasi. Il primo, in tempo reale, è realizzato con *scqc*, un'applicazione che fa parte dal *software SeisComp3*<sup>5</sup> (rilasciato da Geofon, GFZ<sup>6</sup>): vengono calcolate, oltre ai *gap* presenti sulle serie temporali, altri parametri di base indicativi di un livello essenziale di qualità, come l'*offset* del segnale, la radice quadratica media, la qualità della marca del tempo, etc. Queste grandezze sono immagazzinate all'interno del database cui attinge AL, perché l'utente possa fare delle richieste di dati sulla base dei parametri di qualità. Questa possibilità è prevista, ma non ancora implementata.

I controlli di qualità *off-line* sono realizzati tramite PQLX, un *software* piuttosto articolato che calcola la densità spettrale di potenza del segnale e le organizza in un *database*. La distribuzione degli spettri di rumore viene visualizzata come funzione densità di probabilità (*probability density function*, Figura 3), che rappresenta la probabilità di avere un certo valore dello spettro di potenza ad una data frequenza, calcolata su finestre temporali variabili [McNamara & Buland, 2004]. Dalle finestre temporali su cui viene calcolato lo spettro non sono esclusi gli *outliers* (*spikes*, *gap*, terremoti, etc.), che risultano visibili come spettri che si discostano sensibilmente dalla mediana e sono quindi identificabili come possibili malfunzionamenti. I grafici sono pubblicati per tutte le stazioni su ISIDE<sup>7</sup>.

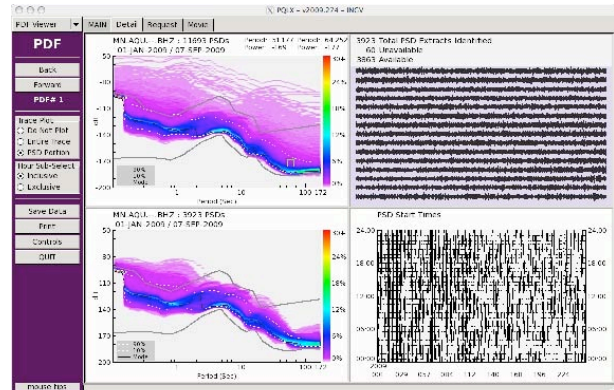
A partire dai risultati di PQLX vengono messe in grafico (Figura 4) le sequenze temporali delle ampiezze spettrali a date frequenze (tipicamente 0.03, 0.3, 10 Hz; i dettagli su ORFEUS<sup>8</sup>).

Tali grafici servono per individuare rapidamente eventuali malfunzionamenti in grado di alterare le risposte delle stazioni alle frequenze date (p.e. un cambio di strumentazione non segnalato che alteri la funzione di risposta, una mancanza di alimentazione del sensore, etc.).

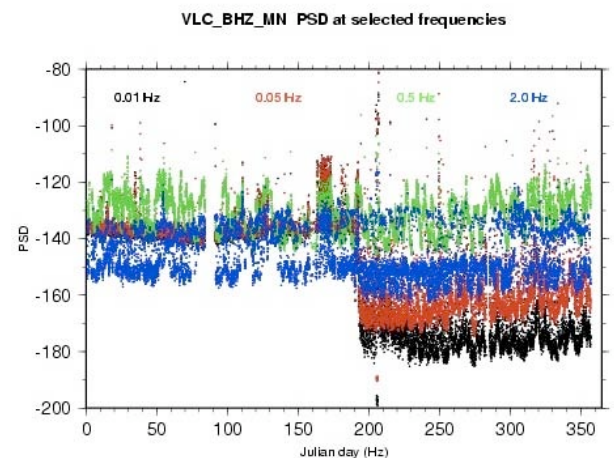
## Distribuzione dei dati

La distribuzione dei dati continui avviene in vari modi, tutti riconducibili al motore che gestisce l'integrazione degli archivi a livello europeo: AL. Il *software* provvede a tenere sincronizzati i

*database* delle informazioni di stazione fra i 4 Centri che costituiscono EIDA e contemporaneamente gestisce le richieste degli utenti, reindirizzando le richieste e trasportando i dati dal Centro che ha ricevuto la richiesta agli altri e viceversa.



**Figura 3.** Spettri di rumore (densità spettrali di potenza) calcolati con PQLX. A destra sono le registrazioni che hanno prodotto gli spettri visualizzati sui pannelli di sinistra.



**Figura 4.** Esempio di andamento delle densità spettrali di potenza (PSD) a 3 frequenze caratteristiche in funzione del tempo.

Esistono dei *client* interattivi ad EIDA, che hanno tutti una limitazione: si rivolgono ad un *server* per volta. Anche se è una eventualità remota, in caso di fermo dello specifico *server* non è in generale possibile usare quel particolare *client* (nella migliore delle ipotesi sarà l'utente che deve reindirizzare la richiesta). Lo strumento più

<sup>5</sup> da Geofon, GFZ <http://www.seiscomp3.org/>

<sup>6</sup> <http://www.seiscomp3.org/>

<sup>7</sup> <http://iside.rm.ingv.it/iside/standard/index.jsp?page=quality&rst=1>

<sup>8</sup> <http://www.orfeus-eu.org/Data-info/psd-versus-time-monitor.html>

avanzato è il *Seismic Portal* di ORFEUS<sup>9</sup> che consente di selezionare eventi, di visualizzare le registrazioni, di scegliere reti e stazioni interattivamente. Esso insiste sui *webservices* sviluppati presso l'ODC e presso l'EMSC. Esistono anche due *client* per richieste *batch*.

Il punto di accesso a EIDA più vicino è il sito *web* dell'Istituto<sup>10</sup> molto più ridotto rispetto al *Seismic Portal*, ma utile per richieste non eccessivamente elaborate.

L'ultimo arrivato, ma il più utile nelle operazioni di estrazione delle forme d'onda, è *ingv\_ws\_data\_client.jar*, il *client java* sviluppato presso l'INGV per estrarre le forme d'onda dai *webservices* (anch'essi sviluppati in casa e presenti su *eida.rm.ingv.it*).

Il *client ingv\_ws\_data\_client.jar* è scaricabile dal portale EIDA<sup>11</sup>. Con esso è possibile estrarre forme d'onda selezionando i dati tramite rettangoli, corone circolari, liste di stazioni. Non appena sarà completato lo sviluppo di *webservices* per l'estrazione dei dati parametrici di evento (localizzazioni, fasi, etc.) saranno possibili estrazioni congiunte di informazioni parametriche e forme d'onda.

I dati ad evento per terremoti italiani sono invece accessibili tramite ISIDE<sup>12</sup> [vedi Mele et al., 2011 - in questo volume], come di consueto.

## Bibliografia

Abruzzese et al. (2011). La Rete sismica Mobile in telemetrata satellitare (Re.Mo.Tel.). Rapporti Tecnici INGV N° 177.

McNamara, D.E. and R.P. Buland, Ambient Noise Levels in the Continental United States, Bull. Seism. Soc. Am., 94, 4, 1517-1527, 2004.

---

<sup>9</sup> <http://www.seismicportal.eu>

<sup>10</sup> <http://eida.rm.ingv.it>

<sup>11</sup> <http://eida.rm.ingv.it/webservices.php>

<sup>12</sup> <http://iside.rm.ingv.it>

## PROGETTO ITACA: ITALIAN ACCELEROMETRIC ARCHIVE

Lucia Luzi<sup>1</sup>, Francesca Pacor<sup>1</sup>, Rodolfo Puglia<sup>1</sup>, Marco Massa<sup>1</sup>, Gabriele Ameri<sup>1</sup>, Dino Bindi<sup>1</sup>,  
Antonella Gorini<sup>2</sup>, Adriano De Sortis<sup>2</sup>

<sup>1</sup>*Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia, Sezione di Milano-Pavia - Sismologia Applicata all'Ingegneria*

<sup>2</sup>*Dipartimento della Protezione Civile*

### Introduzione

ITACA (*IT*alian *AC*celerometric *AR*chive) è una banca dati che contiene le registrazioni accelerometriche italiane a partire dal 1972. La banca dati è stata sviluppata attraverso due progetti nell'ambito delle convenzioni biennali 2004-2006 e 2007-2009 tra INGV e Dipartimento della Protezione Civile (DPC) ed è disponibile *online* al sito dedicato<sup>1</sup> [Luzi et al., 2008].

La versione corrente, rilasciata nel luglio 2010, contiene 3955 registrazioni a 3 componenti relative a 1825 eventi. Le registrazioni dal 1972 al 2007 sono 3562, relative a 1801 eventi. Sono state inoltre incluse anche le registrazioni degli eventi più forti occorsi nel biennio 2008 – 2009: 63 registrazioni relative al terremoto di Parma del 23 dicembre 2008 e 319 relative alla sequenza de L'Aquila (13 eventi con  $M > 4$ ).

I dati accelerometrici sono associati a singoli eventi ed organizzati in una struttura relazionale. Gli eventi, le stazioni di registrazione e le singole forme d'onda sono caratterizzate da metadati per molteplici applicazioni, dalla sismologia all'ingegneria sismica. I dati provengono principalmente dalla Rete Accelerometrica Nazionale (RAN), gestita dal DPC, dall'ENEA e da alcune reti regionali (RAIS gestita da INGV – Milano-Pavia, UNIBAS - Università della Basilicata e Provincia di Trento). Sono inoltre presenti dati provenienti da reti temporanee, installate in occasione di sequenze sismiche recenti (Umbria – Marche 1997-98 e L'Aquila 2009) o in occasione di esperimenti finalizzati (es. valutazione degli effetti di sito della Valle dell'Aterno, L'Aquila - Bergamaschi et al., 2011 - e progetto europeo SISMOVALP).

Particolare cura è stata impiegata per la caratterizzazione geologica – geofisica dei siti di registrazione, requisito essenziale per il corretto utilizzo delle forme d'onda. Sono state raccolte le indagini svolte in passato e promosse nuove indagini nel corso dei progetti della convenzione DPC - INGV. Le indagini sono state

prevalentemente rivolte alla definizione del profilo di velocità delle onde di taglio, in particolare nei primi trenta metri, poiché questo è il parametro richiesto dalle normative sismiche vigenti (EC8 o Norme Tecniche per le Costruzioni 2008, NTC08). Sono stati utilizzati metodi invasivi, come *cross-hole* e *down-hole*, e metodi non invasivi come MASW, SASW e *array* di microtremore, basati sulla propagazione delle onde di superficie.

Più di cento postazioni sono state inoltre caratterizzate anche con il valore della frequenza di risonanza del sito, valutata attraverso misure di microtremore. Tutte le postazioni sono corredate da una monografia, in cui sono presenti le informazioni sul sito, dall'ubicazione su mappa topografica, alla caratterizzazione geologica, geofisica e geotecnica.

Le informazioni sono accessibili al sito *web* della banca dati<sup>2</sup> (*Figura 1*), dove, attraverso interfacce *user friendly*, la banca dati può essere interrogata specificando circa 30 variabili relative agli eventi sismici (es. magnitudo e parametri ipocentrali), alle postazioni di registrazione (es. classe di sito, ubicazione della stazione) e alle forme d'onda (es. parametri di picco, parametri integrali).

Le forme d'onda possono essere scaricate sia nella versione non processata, che nella versione processata [Paolucci et al., 2011] insieme alle forme d'onda di velocità e spostamento e agli spettri di risposta in accelerazione (al 5% di smorzamento). I formati previsti, ASCII con *header* e SAC, tengono conto del tipo di utenza, che è formata sia da ricercatori, nel campo della sismologia, della sismologia applicata e dell'ingegneria sismica, che da professionisti.

<sup>1</sup> <http://itaca.mi.ingv.it>

<sup>2</sup> *home page* <http://itaca.mi.ingv.it>

**News**

**June 2010.** The version 1.0 of ITACA has been released. Check main updates.

**January 15, 2010.** A new version of the database has been released. Check [main updates](#).

**Data of latest earthquakes**

**2009, 6 April (Mw=6.3) L'Aquila**

- [L'Aquila seismic sequence strong motion records](#)  
Source: ITACA archive
- [Preliminary analysis of strong motion records](#)  
Source: project S4 website
- [Unprocessed data from the ITDPC network](#)  
Source: DPC website

**Links**

- [Strong Motion Databases](#)
- [Strong motion networks in Italy](#)

**ITACA - Italian Accelerometric Archive**

ITACA contains more than 2000 three component waveforms generated by about 1000 earthquakes. Strong motion data come mainly from National Accelerometric Network, operated by Dipartimento della Protezione Civile - DPC. You can download corrected and uncorrected time-series and spectral data in ASCII format. Use ITACA interface to set parameters of interest and retrieve specific events, stations, waveforms and their metadata.

- [Search for data](#)
- [waveforms](#)
- [stations](#)
- [events](#)
- [REXELite](#): search response spectrum compatible records
- [Glossary](#)
- [User manual](#)
- [Disclaimer](#)
- [Contacts](#)
- [Links](#)
- [Credits](#)

**Reference**

ITACA is developed in the framework of the agreement between INGV and DPC:

- [Project S6 \(2004-2006\) - Data Base of the Italian strong motion records \(1972-2004\)](#), coordinated by [Lucia Luzi](#) and [Fabio Sabetta](#)
- [Project S4 \(2007-2009\) - Italian Strong Motion Data-Base](#), coordinated by [Francesca Pacor](#) and [Roberto Paolucci](#); DPC Advisers: [Antonella Gorini](#) and [Adriano De Sordis](#)

If you use any record or parameter released by this site in a publication or report, please reference: Working Group ITACA (2010) - Data Base of the Italian strong motion records: <http://itaca.mi.ingv.it>

Developed by @IMTeam for INGV. Last update: May 2010

• **User login** e-mail:

• **Administrator login** username:  password:

**Figura 1.** Home page della banca dati ITACA (<http://itaca.mi.ingv.it>).

## Bibliografia

Bergamaschi F., Cultrera G., Luzi L., Azzera R.M., Ameri G., Augliera P., Bordoni P., Cara F., Cogliano R., D'Alema E., Di Giacomo D., Di Giulio G., Fodarella A., Franceschina G., Galadini F., Gallipoli M.R., Gori S., Harabaglia P., Ladina C., Lovati S., Marzorati S., Massa M., Milana G., Mucciarelli M., Pacor F., Parolai S., Picozzi M., Pilz M., Pupillo S., Puglia R., Riccio G., Sobiesiak M. (2011). Evaluation of site effects in the Aterno river valley (Central Italy) from aftershocks of the 2009 L'Aquila earthquake. *Bull. Earthq. Eng.* 9(3), 697-715.

Luzi L., Sabetta F., Hailemichael S., Bindi D., Pacor F., and Mele F. (2008). ITACA (Italian ACcelerometric Archive): a web portal for the dissemination of Italian strong motion data. *Seism Res Lett* 79(5), 717-723.

Paolucci R., Pacor F., Puglia R., Ameri G., Cauzzi C. and Massa M. (2011). Record processing in ITACA, the new Italian strong-motion database. 2nd Euro-Mediterranean meeting on accelerometric Data Exchange and Archiving, Springer. S. Akkar and P. Gulkan Editors.



## MANNEKENPIX: APPLICAZIONE AL DATASET DI “L’AQUILA 2009”

Raffaele Di Stefano<sup>1</sup>, Lauro Chiaraluce<sup>1</sup>, Davide Piccinini<sup>2</sup>, Luisa Valoroso<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia, Centro Nazionale Terremoti

<sup>2</sup>Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia, Roma 1 - Sismologia e Tettonofisica

### Introduzione

La quantità di dati sismici acquisiti negli ultimi dieci anni è enormemente aumentata con l’aumento del numero di stazioni permanenti della RSN [vedi Delladio, 2011 - in questo volume] e temporanee della RSM-CNT [vedi Moretti e Govoni, 2011 - in questo volume], installate sia durante esperimenti che durante le emergenze sismiche. Di pari passo è aumentata la capacità d’immagazzinamento di tali dati. Questi fattori rendono sempre più onerosa in termini di tempo la possibilità di un’analisi manuale del dato, imponendo un rapido sviluppo di procedure d’analisi automatica dei segnali. Tali procedure hanno lo scopo di fornire informazioni di alta qualità, con un errore associato, consistenti per tutto il *dataset* e in un tempo relativamente breve. Questa necessità è ancora più evidente durante le sequenze sismiche. Per questo abbiamo sviluppato una procedura di individuazione di eventi sismici, *picking* automatico e pesatura di fasi P ed S, determinazione delle polarità delle fasi P e localizzazione 1D dei terremoti, che utilizza come *core-picker* il *MannekenPix* (MPX) [Aldersons, 2004; Di Stefano et al., 2006].

Tale procedura è stata utilizzata sui dati registrati dalla RSN e dalla RSM-CNT durante i primi 8 giorni della sequenza de L’Aquila del 2009, consentendo di ottenere un maggiore numero di eventi e relativi meccanismi focali rispetto a quanto ottenibile manualmente, in un tempo largamente inferiore. Ha inoltre consentito di ridurre sensibilmente la magnitudo di completezza del *dataset*.

### Flusso generale della procedura

La procedura si compone di *Burst* per l’individuazione degli eventi, MPX per il *picking* e la pesatura delle P e delle S e per la determinazione delle polarità P e della magnitudo locale ( $M_L$ ), e di *Hypoellipse* [Lahr, 1989] per la localizzazione 1D (*Figura 1*). *Burst* cerca i *trigger* su forme d’onda giornaliere, attraverso un algoritmo STA/LTA applicato al vettore di velocità del terreno calcolato sulla base della matrice di covarianza delle 3 componenti del sensore (*Figura 2a*). I *trigger* sono poi associati da un algoritmo di coincidenza che dichiara gli eventi sismici (*Figura 2b*).

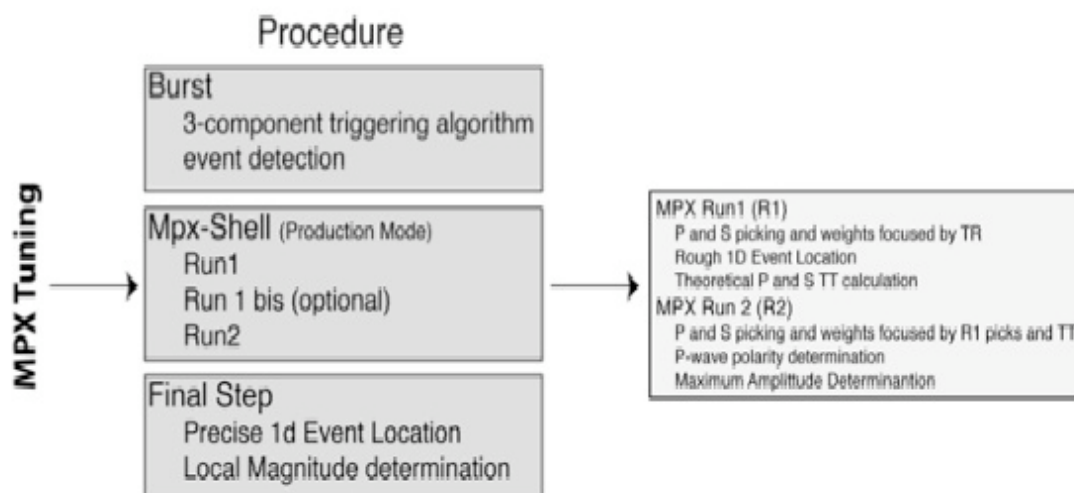
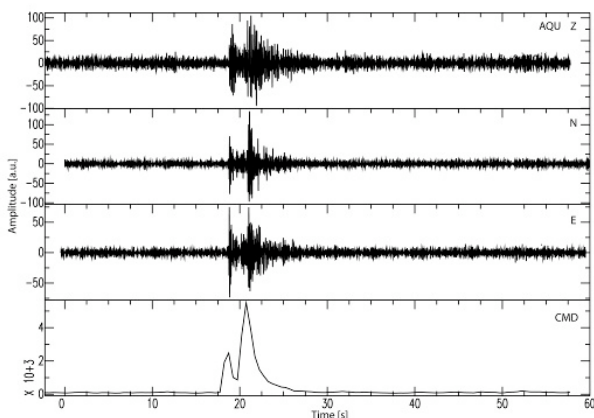


Figura 1. Flow-chart della procedura automatica di individuazione e localizzazione di eventi sismici.

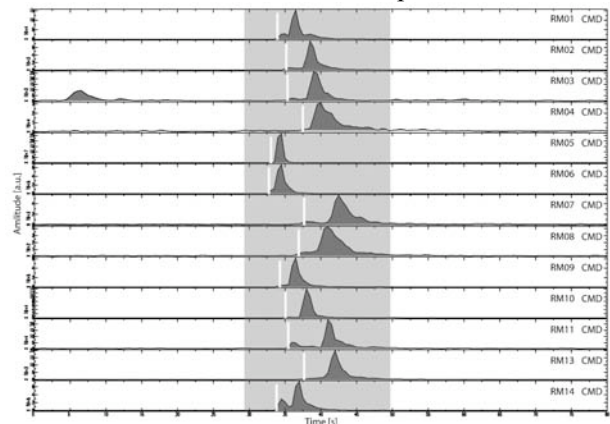
MPX lavora su *set* di forme d'onda tagliate per evento ed è applicato per cicli successivi di *picking* e localizzazione. Per operare in modo simile a un sismologo, MPX deve essere calibrato sia per l'identificazione delle fasi che per la pesatura. Per la calibrazione si utilizza una *subset* di riferimento, rappresentativo dell'intero *dataset* come tipo di segnali e di stazioni. In una prima fase si calibra l'algoritmo C5 di Quinlan [1993] che è responsabile della catalogazione di ogni singolo campione della forma d'onda come P, S e *noise* (Figura 3), sulla base di 5 classi di *predictors* (*Energy, Polarization, Spectral Power, Skewness, Kurtosis* e *SEDSL*) ognuna delle quali contiene diversi parametri. In una seconda fase si applica al *dataset* di calibrazione un metodo statistico di classificazione chiamato MDA (*Multi Discriminant Analysis*) per trovare i valori dei coefficienti di Fisher (1936; 1938) che consentano all'algoritmo di attribuire un determinato *picking* a una delle classi di peso preventivamente stabilite per il *dataset*.

### Picking delle fasi P ed S

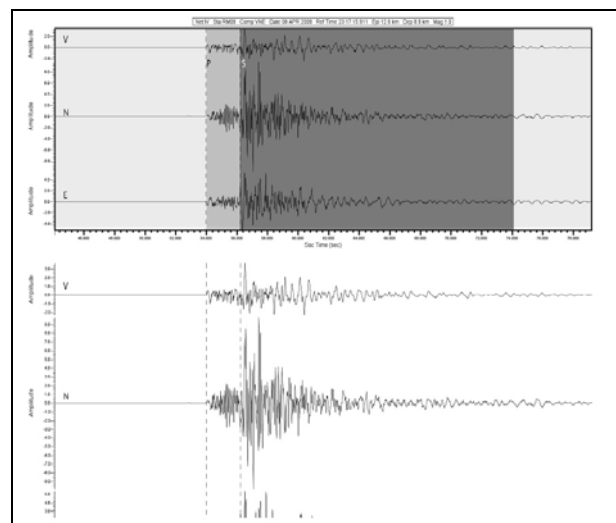
Il *picking* P è sempre effettuato sulla componente verticale ed è determinato da due algoritmi, Takanami-Kitagawa [Takanami and Kitagawa, 1988; 2003] e Baer-Kradolfer (1987), utilizzati in sequenza. Il *picking* S, invece, è definito dall'algoritmo d'identificazione dei segnali in caso di arrivo impulsivo, mentre è identificato dall'algoritmo Takanami-Kitagawa nell'intorno dell'*onset* di identificazione, in caso di arrivo emergente. I parametri di calibrazione sono poi utilizzati in "Modalità Produzione" cioè durante l'applicazione del metodo all'intero *dataset*.



**Figura 2a.** *Burst*: l'algoritmo STA/LTA è applicato al vettore di spostamento calcolato a partire dalla matrice di covarianza sulle tre componenti.



**Figura 2b.** *Burst*: algoritmo di coincidenza che associa i *trigger* e dichiara un evento sismico.



**Figura 3.** Esempio di risultato dell'applicazione dell'algoritmo di identificazione delle fasi e del rumore.

### Approccio a *run* multipli

La procedura che include MPX è basata su più *run* successivi (Figura 1). In un primo *run* MPX cerca un *picking* alle sole stazioni *triggerate* da *Burst*. Il primo *set* di P e S pesate è utilizzato per ottenere una localizzazione 1D approssimativa dell'evento, utile a calcolare le *travel-time* teoriche P. Queste fanno da riferimento per il successivo *run*, permettendo di ottenere un *picking* di precisione anche su forme d'onda di stazioni che non hanno *triggerato*. Un *run* intermedio può essere

necessario in caso di sequenza sismica, per risolvere l'enorme complessità legata alla presenza di tanti eventi molto vicini sia nello spazio che nel tempo. Al termine del *run* finale a ogni evento è attribuita una localizzazione 1D, una magnitudo  $M_L$  e un meccanismo focale.

### Applicazione al *dataset* de L'Aquila 2009

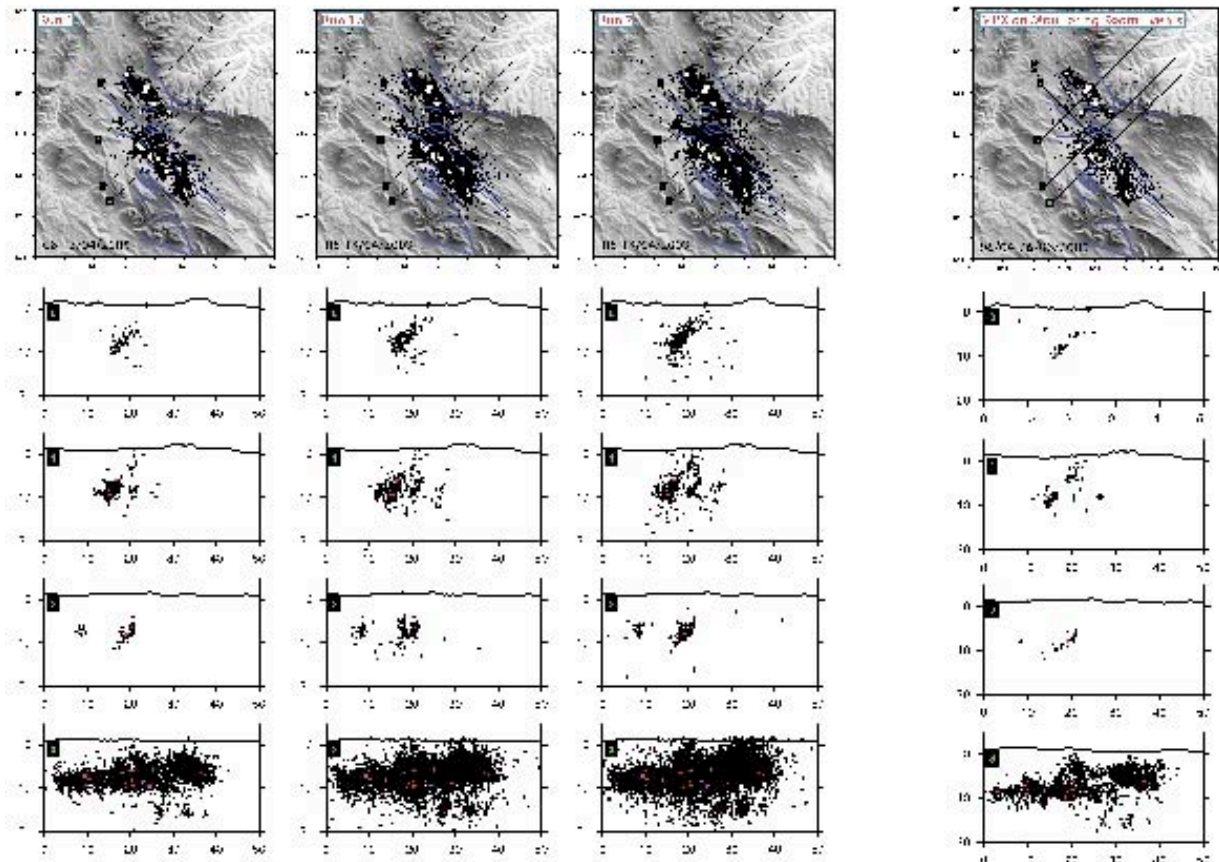
MPX è stato calibrato sul *dataset* della sequenza sismica de L'Aquila 2009, sulla base di un *subset* di 300 forme d'onda. La calibrazione ha dato ottime corrispondenze fra le classi di peso attribuite dall'operatore umano ai *picking* manuali e quelle attribuite da MPX ai *picking* automatici. Nove *predictors* sono stati usati nella MDA per le P e nove per le S.

Il *dataset* iniziale, registrato a circa 4 stazioni, è relativo ai primi 8 giorni di *aftershocks* a partire dalle 1:32 UTC del 6 aprile, tempo origine del *mainshock*.

Durante il *run* 1, la procedura ha individuato 23.529 terremoti di cui solo 4.252, pari al 18%, di qualità A [Lahr, 1989]. Al *run* 1b gli eventi di classe A diventano

il 53% e al *run* 2 circa il 56%. Il *run* 2 ha inoltre consentito di rigettare numerosi eventi di classe C e D.

La *Figura 4* mostra una comparazione in mappa e in sezione della distribuzione dei terremoti al *run* 1, 1b e 2 rispetto alle localizzazioni della sala di sorveglianza sismica di un periodo più lungo compreso fra il 6 aprile e il 26 giugno. È evidente innanzitutto come nel passaggio dal *run* 1 al *run* 1b l'immagine della faglia visibile in sezione verticale sia molto più definita grazie al miglioramento della qualità delle localizzazioni di un gran numero di eventi. Il *run* finale migliora ulteriormente i *picking* e quindi le localizzazioni, generando un maggior dettaglio anche delle faglie minori situate nel *footwall* della faglia. L'immagine ottenuta con le localizzazioni automatiche, grazie al maggior numero di terremoti localizzati, è più completa e definita di quella ottenuta con i dati della sala di sorveglianza sismica. Questo è ovviamente anche dovuto al maggiore numero di stazioni che aumentando però la mole di dati da analizzare rende complessa una simile analisi operata a mano.



**Figura 4.** Comparazione fra le localizzazioni automatiche al *run* 1, 1b e 2 (prime 3 colonne rispettivamente) per i primi 8 giorni. L'ultima colonna riporta le localizzazioni degli eventi estratti in base a una lista della sala di sorveglianza sismica nel periodo 6 aprile – 26 giugno 2009.

Anche la magnitudo minima di completezza è stata molto ridotta dall'analisi automatica, passando da 1.8 della sala di sorveglianza sismica a 1.2, a dimostrazione che la procedura automatica ha individuato e ben localizzato molti più terremoti di piccola magnitudo.

Abbiamo poi confrontato i meccanismi focali calcolati sulle polarità dei primi arrivi di MPX con quelli calcolati da Herrmann and Malagnini [2009], mettendo in relazione la magnitudo momento ( $M_w$ ) con un fattore di qualità associato all'evento localizzato col sistema automatico che indica quanto simili siano le soluzioni automatiche rispetto a quelle basate sul tensore momento. Il fattore di qualità ha valori da negativi (-2) a positivi (+2) che indicano rispettivamente l'assenza di una soluzione automatica e un accordo perfetto fra le due. Dall'analisi risulta che l'81% delle soluzioni è in accordo e il 56% è identico e che la qualità delle soluzioni automatiche è largamente indipendenti dalla  $M_w$ , che varia fra 2.0 e 4.4.

### Passi futuri

La procedura è stata infine applicata all'intero *dataset* di forme d'onda registrate dal 6 aprile al 31 dicembre, ottenendo circa 70.000 eventi localizzati contro i circa 3000 della sala di sorveglianza sismica per lo stesso periodo. Questi dati permetteranno di analizzare la struttura del sistema di faglie associato al terremoto de L'Aquila con un dettaglio finora impensabile, con importanti ricadute sulla conoscenza dei processi di fagliazione.

### Bibliografia

- Aldersons F. (2004). Toward a three-dimensional crustal structure of the Dead Sea region from local earthquake tomography, Ph.D. Thesis, Tel-Aviv University.
- Baer M., and U. Kradolfer (1987). An automatic phase picker for local and teleseismic events, Bull. Seism. Soc. Am. 77, 1437-1445.
- Di Stefano, R., F. Aldersons, E. Kissling, P. Baccheschi, C. Chiarabba and D. Giardini (2006). Automatic seismic phase picking and consistent observation error assessment: application to the Italian seismicity, Geophys. J. Int. 165, 121-134.
- Fischer R. A. (1936). The Use of Multiple Measurements in Taxonomic Problems, A. Eug. 7, 179-188.
- Fischer R. A. (1938). The Statistical Utilization of Multiple Measurements, A. Eug. 8, 376-386.
- Herrmann, R.B. & Malagnini, L. (2009). Systematic determination of moment tensor of the April 6, 2009 L'Aquila earthquake sequence, EOS, Trans. AGU, 90, Fall Meet. Suppl., Abstract U23A-0029.
- Lahr J.C., (1989). HYPOELLIPSE/version 2.00: a computer program for determining local 119 earthquakes hypocentral parameters, magnitude and first motion attern. U.S. Geol. 120 Surv Open-<sup>o</sup>File Rep., 89 (116).
- Quinlan J. R. (1993). C4.5: programs for machine learning, Morgan Kaufmann, San Mateo, California.
- Takanami T. and G. Kitagawa (1988). A new efficient procedure for the estimation of onset times of seismic waves, J. Phys. Earth 36, 267-290.
- Takanami T. and G. Kitagawa (2003). Multivariate Time Series Model to Estimate Arrival Times of S Waves, In Methods and Applications of Signal Processing in Seismic Network Operations T. Takanami and G. Kitagawa (Editors), Berlin, Springer, 13-39.

## **PICKING AUTOMATICO NELLA RETE SISMICA DELL'ITALIA NORD-OCCIDENTALE (RSNI)**

Daniele Spallarossa, Gabriele Ferretti, Davide Scafidi e Marco Pasta

*Università degli Studi di Genova, Dipartimento per lo studio del territorio e delle sue risorse*

### **Introduzione**

Contestualmente allo sviluppo tecnologico che ha coinvolto la Rete Sismica dell'Italia Nord-Occidentale (RSNI<sup>1</sup>) gestita dal Laboratorio di Sismologia del Dip.Te.Ris. (Vedi Pasta et al., 2011 – in questo volume), sono state sviluppate delle nuove procedure di elaborazione del segnale sismico in tempo quasi reale che consentono di sfruttare al meglio le potenzialità offerte dai nuovi apparati di registrazione e trasmissione.

Ad oggi quindi la rete RSNI svolge un ruolo fondamentale nelle attività di monitoraggio della attività sismica in Italia Nord –Occidentale ed aree limitrofe non solo in virtù delle attività di mantenimento delle stazioni sismiche e nella condivisione del relativo segnale sismico in tempo reale, ma anche in virtù delle attività di analisi dei dati sismici in tempo quasi reale. Tale attività si concretizza nella disseminazione di dati sismici parametrici (tempi di arrivo, localizzazione, magnitudo, etc.) attraverso diversi canali informativi quali il *web*, le *e-mail* o gli *sms*. Nello specifico, attraverso l'utilizzo di innovativi algoritmi per il *picking* automatico, è possibile fornire, entro pochi minuti dal tempo origine di un terremoto, stime robuste relative ai parametri ipocentrali, alla magnitudo ed anche ai parametri di scuotimento al sito (PGA, PGV, etc.). Tali informazioni, in relazione alla loro tipologia e "criticità" di contenuto, possono quindi essere inviate alle strutture e/o enti che sono preposti alla gestione di eventuali emergenze sismiche.

La possibilità di giungere ad una stima affidabile e robusta dei parametri ipocentrali di un evento sismico è in primo luogo subordinata alla possibilità di disporre di un efficiente e robusto codice di calcolo per l'individuazione delle fasi sismiche ("*picker*").

Convenzionalmente, un algoritmo per il *picking* automatico può considerarsi efficiente se conduce ad una accurata identificazione di un numero elevato di letture di tempi di arrivo per fasi P e fasi S e quindi se riesce a minimizzare la possibilità di falsi allarmi.

In questo lavoro viene presentato l'algoritmo automatico attualmente sviluppato ed in uso presso

il Laboratorio di Sismologia di Genova per la gestione in tempo quasi reale dei segnali sismici registrati attraverso la rete RSNI.

La qualità e l'affidabilità dell'algoritmo viene quindi validata attraverso la sua applicazione ad un *set* di dati reali contenente più di 300 eventi sismici registrati dalla rete nella zona delle Alpi sud-occidentali e dell'Appennino settentrionale.

### **Il *picking*: schema di funzionamento**

Le procedure di elaborazione automatica attualmente operative presso il CED del Dip.Te.Ris. sono principalmente costituite da un *picker* basato sull'"*Akaike Information Criterion*" [Akaike, 1974; Sleeman e van Eck, 1999] sviluppato integralmente presso il Laboratorio di Sismologia e da una procedura *standard* di localizzazione basata sul metodo di Geiger [Geiger, 1912; codice Hypoellipse, Lahr, 1979]. In *Figura 1* viene riportato lo schema semplificato di calcolo relativo al *picker*.

Partendo dal lavoro di Morita e Hamguchi [1984], basato su quello di Kitagawa e Akaike [1978], e dagli approcci più recenti proposti da Sleeman e van Eck [1999] e, soprattutto, da Kurz et al. [2005], la rilevazione delle fasi sismiche (sia P che S) viene associata alla studio di una funzione (AIC) strettamente relazionata alla varianza del segnale sismico elaborato. Tuttavia, come evidenziato da Zhang et al. [2003], una tale tipologia di *picker* è realmente efficace solo se la funzione AIC viene calcolata su una parte di segnale significativa (i.e che contiene la fase sismica da individuare); a tal scopo, in una prima fase, attraverso la trasformata di Hilbert e lo studio della funzione involuppo calcolata per tutto il segnale sismico, si giunge alla selezione della parte significativa di segnale da analizzare per individuare le fasi P. Nel dettaglio, partendo dalla trasformata di Hilbert definita come:

$$(1) \quad H(t) = \frac{1}{\partial} \int_{-\infty}^{+\infty} \frac{R(u)}{t-u} du$$

<sup>1</sup> [www.dipteris.unige.it/geofisica](http://www.dipteris.unige.it/geofisica)

dove  $R(t)$  rappresenta il segnale e  $t$  denota il tempo, la funzione di involuppo  $E(t)$  è calcolata come segue:

$$(2) \quad E(t) = \sqrt{R(t)^2 + H(t)^2}$$

Sulla base delle caratteristiche di tale funzione  $E(t)$ , il tempo di arrivo di una fase sismica è determinato calcolando la funzione AIC direttamente dalla serie temporale  $R(t)$  calcolata sulla parte di segnale selezionato. La funzione AIC è definita come:

$$(3) \quad AIC(t_k) = t_k \log(\text{var}(R_k(t_k, 1))) + (T_k - t_k - 1) \log(\text{var}(R_k(1 + t_k, T_k)))$$

dove  $t_k$  indica il  $k$ -esimo campione variabile tra 0 e  $T_k$  (ultimo campione della finestra di segnale selezionata) e  $\text{var}$  indica la funzione varianza del segnale definita come:

$$\text{var} = \frac{1}{N-1} \sum_{i=1}^N (R_i - \bar{R})^2$$

dove  $N$  è la lunghezza del segnale,  $R_k(a, b)$  indica che la funzione di varianza è calcolata sulla parte di segnale compresa tra i campioni  $a$  e  $b$ .

In definitiva i tempi di arrivo delle fasi P ed S vengono identificati selezionando il minimo della funzione AIC per mezzo di una procedura a più stadi (*Figura 1*) che può essere schematizzata nelle seguenti fasi [Turino et al., 2010]:

**FASE 1:** Il segnale sismico relativo alla componente verticale viene filtrato utilizzando un filtro passa-banda tra 2,5-15 Hz e su di esso viene calcolata la funzione di involuppo ( $E(t)$ ). Tale funzione viene elevata al quadrato e quindi normalizzata al valore di 1 in modo da poterla efficacemente utilizzare per selezionare, sulla base di un determinato valore di soglia (costante per tutti i segnali sismici), la parte di segnale sismico contenente l'impulso P. Una calibrazione di tipo empirico realizzata sulla base di un data set significativo di eventi sismici locali ha condotto alla definizione di un valore di soglia pari a 0.16 e ad una lunghezza di segnale sismico utile ai fini dell'utilizzo dell'AIC pari a 28s. Nel dettaglio vengono estratti 8s di segnale prima del campione definito dal valore di soglia e 20s di segnale dopo tale campione.

**FASE 2:** La funzione AIC è calcolata sulla parte di segnale selezionato (precedentemente filtrato

tra 2.5 e 15 Hz) ed il tempo di arrivo della fase P è identificato dal minimo della funzione AIC.

**FASE 3:** Un limite intrinseco all'utilizzo della funzione AIC per la rilevazione di fasi sismiche risiede nel fatto che un tale approccio identifica un tempo di arrivo P (i.e minimo della funzione) per un qualsiasi transiente sismico. In altre parole è necessario utilizzare un algoritmo che sia in grado di "validare" il tempo di arrivo così identificato ed eventualmente eliminarlo (nel caso, per esempio, di "noise" sismico, o "spike"). Nell'implementazione del *picker* sviluppato, la validazione della fase sismica individuata si basa sull'analisi del rapporto segnale/rumore (S/N). Utilizzando il tempo di arrivo della P come tempo di riferimento, viene selezionata una finestra contenente 3s pre-P (rumore) e 3s post-P (segnale); su tale porzione di segnale viene calcolata la funzione S/N e successivamente analizzata per individuare due frequenze ( $F_{\min}$  e  $F_{\max}$ ) che nella seguente fase verranno utilizzate per la validazione ed eventuale "re-picking" della fase P individuata.

**FASE 4:** Criterio per la definizione di  $F_{\min}$  e  $F_{\max}$  e validazione della fase P: sulla base della funzione S/N,  $F_{\min}$  è individuata come la più piccola frequenza compresa tra 1 e 8 Hz per la quale il S/N è superiore ad un valore di soglia (fissata a 6.5 dopo alcuni test). Allo stesso modo,  $F_{\max}$  è individuata come la più grande frequenza tra 9 e 15 Hz per la quale il S/N è superiore al valore di soglia. Se i valori di  $F_{\min}$  ed  $F_{\max}$  non possono essere stimati entro gli intervalli predefiniti ovvero tali valori differiscono in maniera poco significativa (i.e segnale sismico con elevato S/N su un ristretto intervallo di frequenze), il tempo P viene rigettato e la relativa forma d'onda eliminata.

**FASE 5:** Nel caso in cui la procedura di validazione sia terminata con successo, le frequenze  $F_{\min}$  e  $F_{\max}$  precedentemente individuate vengono utilizzate per un *re-picking* finalizzato ad una più precisa identificazione della fase sismica: le fasi 1 e 2 sono applicate nuovamente a partire dal segnale filtrato attraverso un filtro passa-banda definito da  $F_{\min}$  e  $F_{\max}$  giungendo ad una nuova stima del tempo di arrivo P. L'utilizzo di un filtro "variabile" definito sulla base del rapporto S/N, permette di definire, per ogni evento e per ogni stazione, la banda di frequenza per cui la fase P risulta essere particolarmente evidente e di conseguenza identificabile dall'algoritmo AIC.

**FASE 6:** analogamente a quanto proposto per l'individuazione delle fasi P, anche per la stima dell'arrivo delle onde S è stata codificata una procedura basata sulla ricerca del minimo della funzione AIC. In questo caso tuttavia la porzione di segnale sismico significativa viene definita sulla base dei tempi di arrivo teorici calcolati a partire da una localizzazione sismica preliminare. Tale localizzazione viene stimata utilizzando il codice Hypoellipse [Lahr, 1979] a partire dalle letture di tutte le fasi P disponibili.

**FASE 7:** Preliminarmente alla fase di elaborazione dedicata alla stima dei tempi di arrivo delle fasi S, la localizzazione ottenuta in base alle fasi P viene sottoposta ad una validazione. Nello specifico, solo se il numero di fasi P effettivamente utilizzate dalla procedura di localizzazione è superiore a 5, il *gap* azimutale è inferiore a  $280^\circ$  e la distanza della terza stazione è inferiore a 120 km, allora vengono stimati i tempi di arrivo teorici della fase S utilizzando un modello di velocità semplificato (unico valore di  $V_p$  e del rapporto  $V_p/V_s$ ).

**FASE 8:** Nel caso in cui la procedura di validazione della localizzazione sia terminata con successo, come a quanto illustrato per le fasi P, la funzione AIC viene calcolata su una parte di segnale sismico (4s) intorno al tempo teorico della fase S e l'effettivo tempo di arrivo viene identificato come il minimo di tale funzione. Nel caso di stazioni a tre componenti, la ricerca del tempo di arrivo della fase S viene eseguita su ciascuna delle due componenti orizzontali separatamente; la differenza dei tempi di arrivo

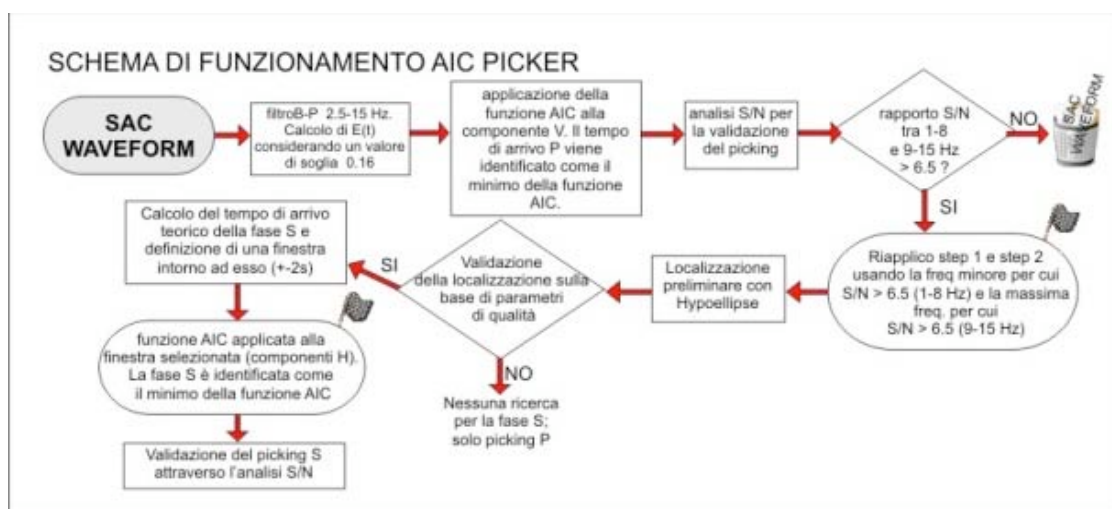
delle fasi S così stimati sulle due componenti fornisce un ulteriore elemento per la successiva validazione.

**FASE 9:** La validazione dei tempi di arrivo della fase S viene effettuata sulla base dei tempi riconosciuti sulle componenti NS ed EW. Come per le fasi P, la convalida viene effettuata calcolando il rapporto S/N per una porzione di segnale contenente 2s pre-S (rumore) e 2s post-S (segnale); in questo caso i valori di  $F_{min}$  e  $F_{max}$  vengono stimati utilizzando un valore di soglia pari a 2.5. Se entrambi i tempi di arrivo stimati per le due componenti superano la procedura di validazione e se tali tempi non differiscono in maniera sostanziale (differenze di tempi  $> 1.5$  s) il tempo di arrivo S viene definito come la media aritmetica dei tempi stimati per le due componenti.

Sulla base dei tempi di arrivo delle fasi P ed S, determinati attraverso l'algoritmo precedentemente descritto, la localizzazione automatica viene calcolata applicando il codice *Hypoellipse* [Lahr, 1979]).

Attualmente la procedura automatica di localizzazione viene applicata utilizzando le seguenti impostazioni: la distanza massima a cui viene attribuito un peso pari a 1.0 (XNEAR) è 50 km, mentre la distanza massima a cui corrisponde un peso pari a 0.0 (XFAR) è 400 km.

Definita la localizzazione automatica, il calcolo della magnitudo locale viene effettuato applicando la procedura descritta in Spallarossa et al. [2002].



**Figura 1.** Schema semplificato relativo alla procedura multi-fase implementata per il *picking* automatico.

La procedura di elaborazione automatica è quindi completata attraverso l'uso di un specifico algoritmo che consente la valutazione del livello di affidabilità dei parametri ipocentrali stimati dalla procedura stessa; l'algoritmo proposto codifica alcune semplici regole che sono state definite in base ad una esperienza ormai trentennale nella localizzazione di eventi sismici locali nelle in Italia Nord Occidentale utilizzando il codice *Hypoellipse*. Nello specifico vengono considerati eventi sismici "localizzati in modo affidabile" i terremoti caratterizzati da un *gap* azimutale inferiore a 275°, un errore statistico orizzontale < 50 km (Erh), un errore statistico verticale < 80 km (Erz), un numero di fasi sismiche utilizzate per la localizzazione > 6, un rms < 1.1 s (*Root Mean Square* dei residui di localizzazione) e un numero minimo di stazioni utilizzate per il calcolo della magnitudo > 4.

Si osservi come quest'ultima operazione di validazione sia estremamente importante in quanto la qualificazione di un evento sismico secondo i criteri sopra menzionati viene utilizzata per attivare specifiche procedure di disseminazione delle informazioni sensibili.

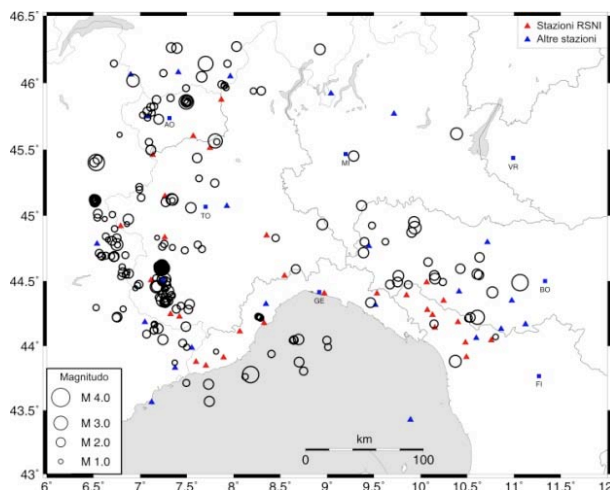
### La validazione della procedura di localizzazione automatica

La procedura automatica presentata in questo lavoro è stata sviluppata ed ottimizzata al fine di produrre in tempo quasi-reale stime affidabili dei parametri ipocentrali di eventi sismici significativi in Italia Nord-Occidentale. La procedura per la validazione dell'algoritmo automatico di localizzazione in uso presso il CED e la calibrazione dei numerosi parametri che in esso intervengono è stata realizzata attraverso un confronto statistico tra i risultati derivanti dall'applicazione della procedura automatica con quelli relativi ad una revisione manuale del dato sismico, effettuata da personale specializzato.

La scelta del catalogo di dati sismici da usare come riferimento per la validazione della procedura di localizzazione automatica è stato condotto selezionando un campione rappresentativo della sismicità dell'area in esame, considerando prevalentemente terremoti di bassa energia ( $M_l < 3.5$ ) concentrati lungo le Alpi sud-occidentali e gli Appennini settentrionali.

I terremoti di riferimento sono stati estratti dal database RSNI per l'anno 2010, in un'area compresa fra 43°N30' e 46°N30' in latitudine e fra 6°E30' e 11°E30' in longitudine, con magnitudo locale maggiore di 1.2. Allo scopo di escludere dal *set* di

dati di riferimento eventi con localizzazioni particolarmente poco affidabili (terremoti esterni alla rete con poche letture), sono stati esclusivamente selezionati eventi sismici qualificati dalla stessa procedura automatica come eventi sismici "localizzati in modo affidabile". Il database risultante è costituito di 304 terremoti (*Figura 2*).



**Figura 2.** Configurazione delle reti sismiche [RSNI, RSN, vedi Delladio et al., 2011 – in questo volume, e stazioni ETH] ed eventi sismici utilizzati come set di dati di riferimento in questo studio.

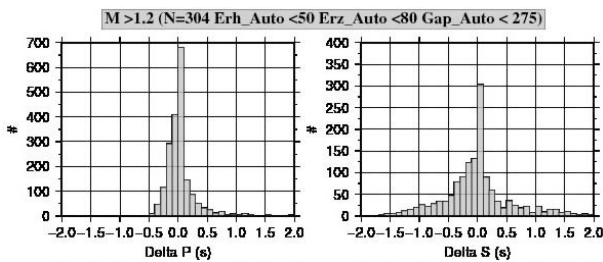
La validazione del sistema di localizzazione automatica è stato condotto attraverso una procedura a due fasi. Nella prima fase, sono state valutate le differenze tra i tempi di arrivo delle fasi sismiche P ed S determinate in modo manuale (riferimento) ed in modo automatico. L'analisi è stata effettuata valutando sia il numero di letture (stima quantitativa) sia l'entità delle differenze fra i tempi di arrivo (stima qualitativa), ricordando che una procedura affidabile di *picking* automatico dovrebbe fornire il miglior compromesso tra numero e qualità di letture (piccole differenze rispetto ai tempi di arrivo di riferimento e numero limitato di *picking* sbagliati).

Nella seconda fase sono state analizzate le differenze di coordinate epicentrali e profondità considerando come riferimento le localizzazioni ottenute applicando le letture manuali alla procedura di localizzazione *Hypoellipse*.

Applicando la procedura di *picking* automatico ai 304 terremoti selezionati come riferimento, sono stati ottenuti 2010 tempi di arrivo per la fase P e 1432 per la fase S con un numero medio di letture per evento uguale a  $17 \pm 7$ .

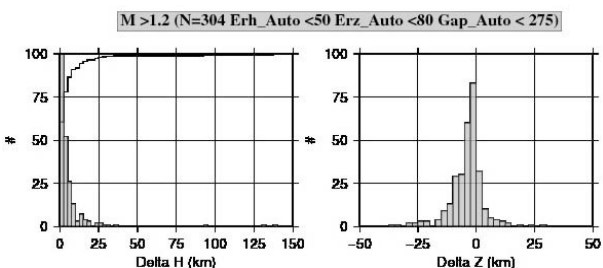


In *Figura 3* sono riportate le differenze tra i tempi di arrivo manuali (riferimento) e le letture automatiche per le fasi P e S separatamente. Per quanto riguarda le fasi P, il “*picker*” automatico ha fornito l’85% delle letture con differenze inferiori a 0,5s e solo il 5,5% delle letture con differenze superiori a 1 s con un valore mediano di 0.05s. Per le fasi S, il “*picker*” automatico ha fornito il 70% delle letture con differenze inferiori a 0,5 s e il 26% della letture con differenze superiori a 1 s con un valore mediano di -0,15 s.



**Figura 3.** Differenze tra i tempi di arrivo di riferimento (manuali) e quelli automatici “AIC-*picker*” per le fasi P ed S.

Nella seconda fase, l’affidabilità delle localizzazioni automatiche è stata valutata analizzando le differenze tra la posizione ipocentrale di riferimento dei 304 terremoti selezionati e le posizioni ottenute applicando l’algoritmo automatico di localizzazione. In *Figura 4* vengono riportati gli istogrammi di queste differenze che indicano come l’algoritmo automatico abbia permesso di localizzare 304 eventi ed una percentuale di terremoti localizzati con una differenza epicentrale minore di 10 km pari all’ 86% e solo del 2% con una differenza epicentrale superiore a 50 km. Inoltre, la percentuale dei terremoti localizzati con una differenza epicentrale inferiore ai 5 km, è superiore al 75%.



**Figura 4.** Istogrammi delle differenze tra la localizzazione di riferimento e quella derivata dall’analisi automatica. Ogni pannello mostra istogrammi e curve cumulative per le differenze epicentrali ( $\Delta H$ ) e la profondità ( $\Delta Z$ ).

## Conclusioni

Sulla base dei *tests* di validazione sopra descritti ma anche in base alla verifiche delle “*performances*” degli algoritmi descritti che vengono ormai realizzate quotidianamente da circa due anni, possiamo affermare che la procedura implementata presso il Laboratorio di Sismologia del Dip.Te.Ris. e presentata in questo lavoro può essere considerata affidabile e robusta. Infatti l’applicazione sequenziale dell’ “AIC-*picker*”, del codice per il calcolo della localizzazione, della procedura per la definizione della magnitudo locale e, infine, dell’algoritmo per la valutazione del livello di affidabilità dei risultati prodotti, si è dimostrata capace di definire in modo automatico ed affidabile i parametri ipocentrali di un terremoto anche in condizioni particolarmente critiche come ad esempio quando: (i) il numero dei dati disponibili è limitato (i.e.: 6 < numero di letture < 10) e/o vi è mancanza di una buona copertura azimutale delle stazioni impiegate (*gap* azimutale > 180 °); (ii) il *database* dei tempi di arrivo delle fasi sismiche è inficiato dalla presenza di una o più letture sbagliate (outliers); (iii) non si hanno a disposizione letture relative alle fasi S.

Inoltre le elevate *performances* dimostrate dal *picker* automatico per quanto riguarda la corretta identificazione dei tempi di arrivo delle fasi S (operazione molto critica per la maggior parte dei *picker* automatici ad oggi uso presso i maggiori centri sismologici) ha permesso un notevole miglioramento nella definizione automatica delle profondità focali.

Infine è opportuno notare che l’algoritmo preposto alla valutazione del livello di affidabilità dei risultati della elaborazione automatica ha dimostrato una notevole efficienza: in questi due anni di funzionamento è sempre stato in grado di riconoscere correttamente sia gli eventi “localizzati in modo affidabile” sia gli eventi “localizzati in maniera non affidabile” ma anche i “falsi” eventi.

## Bibliografia

- Akaike H. (1974). Markovian representation of stochastic processes and its application to the analysis of autoregressive moving average process, *Annals of the Institute of Statistical Mathematics* 26, pp. 363–387.
- Geiger L. (1912). Probability method for the determination of earthquake epicentres from the arrival time only, (translated from Geiger’s 1910 German article). *Bulletin of St. Louis University*, 8 (1), pp. 56-71.

- Kitagawa G. and Akaike H. (1978). A procedure for the modelling of non-stationary time series, *Annals of the Institute of Statistical Mathematics* 30 Part B), pp. 51–363.
- Kurz J. H., Grosse C. U. and Reinhardt H. (2005). Strategies for reliable automatic onset time picking of acoustic emissions and of ultrasound signals in concrete, *Ultrasonic*, Vol. 43-7, pp. 538-564.
- Lahr J.C. (1979). HYPOELLIPSE: A Computer Program for Determining Local Earthquake Hypocentral Parameters, Magnitude, and First-Motion Pattern. U. S. Geological Survey Open-File Report 79-431.
- Morita, Y., Hamaguchi, H. (1984). Automatic detection of onset time of seismic waves and its confidence interval using the autoregressive model fitting. *Zisin* 37, pp. 281–293.
- Sleeman R. and van Eck T. (1999). Robust automatic P-phase picking: an on-line implementation in the analysis of broad band seismogram recordings, *Phys. Earth Plan. Int.*, 113, pp. 265-275.
- Spallarossa D., Bindi D., Augliera P. and M. Cattaneo (2002). An MI scale in Northwestern Italy, *Bull. Seism. Soc. Am* vol 92, 2205-2216 pp.
- Turino C., Morasca P., Ferretti G., Scafidi D. and Spallarossa D. (2010). Reliability of the automatic procedures for locating earthquakes in South Western Alps and Northern Apennines (Italy). *Journal of Seismology*, Vol. 14, n. 2, pp. 393-411.
- Zhang H., Thurber C., Rowe C., 2003: Automatic P-wave arrival detection and picking with multiscale wavelet analysis for single-component recordings, *Bull. Seism. Soc. Am*, 93-5, pp. 1904–1912.

# allegato

le stazioni delle reti permanenti



## A.1 LA RETE SISMICA NAZIONALE | RSN

La RSN [vedi Delladio, 2011 - in questo volume], si compone di oltre 250 stazioni sismiche remote, che trasmettono dati in tempo reale mediante una serie di tecnologie diverse.

Di seguito, l'elenco delle stazioni della RSN aggiornato a dicembre 2010. Vengono indicate: la sigla stazione, la località e la provincia di ubicazione, le coordinate e il codice internazionale della rete sismica (BA = Università della Basilicata; CH = *Switzerland Seismological Network*; FR = *French Broadband Seismological Network - ReNaSS* Strasbourg,INSU/CNRS Paris; GE = *GEOFON Geo Research Networ*; GU = *Regional Seismic Network of North-western*, Università di Genova; HL = *National Observatory of Athens Digital Broadband Network*; IV = Rete Sismica Nazionale e MN = MEDNET, dell'INGV; NI = *North-East Italy Broadband Network* dell'OGS/Università di Trieste; OE = *Austrian Seismic Network ZAMG - Central Institute for Meteorology and Geodynamics*; RF = *Friuli Venezia Giulia Accelerometric Network* dell'Università di Trieste; SI = Provincia SudTirolo).

Con l'\* vengono indicate le stazioni con codice rete NON FDSN (*International Federation of Digital Seismograph Networks*<sup>1</sup>).

CODICE STAZIONE	LOCALITÀ	LAT	LON	QUOTA (M)	RETE
ABSI	ABERST.CKL (SARNTAL)	46.728.500	11.320.500	1801	SI
ACER	ACERENZA (PZ)	40.786.700	15.942.700	690	IV
ACOM	ACOMIZZA (UD)	46.548.000	13.513.700	1788	NI
AGOR	AGORDO (BL)	46.282.900	12.047.200	631	NI
AGST	AUGUSTA (SR)	37.256.520	15.227.130	70	IV
ALJA	ALIA (PA)	37.748.970	13.753.730	700	IV
AMUR	ALTAMURA (BA)	40.907.100	16.604.100	443	IV
AOI	MONTE CONERO (AN)	43.550.170	13.602.000	530	IV
APPI	APPIANO (BZ)	46.478.680	11.228.130	1056	IV
AQU	L'AQUILA (AQ)	42.353.880	13.401.930	729	MN
ARCI	ARCIDOSO (GR)	42.851.900	11.475.400	1080	IV
ARSA	ARZBERG	47.250.500	15.523.170	577	OE
ARV	ARCEVIA (AN)	43.497.680	12.941.020	459	IV
ARVD	ARCEVIA 2 (AN)	43.498.070	12.941.530	461	IV
ASQU	ASQUA (AR)	43.796.700	11.789.300	860	IV
ASS	ASSISI (PG)	43.062.980	12.651.750	805	IV
ASSB	ASSISI SAN BENEDETTO (PG)	43.042.600	12.658.700	734	IV
ATBU	AVT- SERRA DI BURANO (PG)	43.475.710	12.548.280	1000	IV
ATCA	AVT- CANTONE (PG)	45.565.890	12.266.140	688	IV
ATCC	AVT- CASA CASTALDA	43.185.140	12.639.940	557	IV
ATFO	MONTE FOCE – GUBBIO (PG)	43.366.600	12.571.500	960	IV
ATLO	AVT- MONTELOVESCO (PG)	43.315.160	12.407.260	584	IV
ATMC	MONTE CEDRONE (PG)	43.446.850	12.192.800	740	IV
ATMI	AVT- MONTE MIGGIANO (PG)	43.334.190	12.268.010	581	IV
ATN	ANTENNAMARE (ME)	38.159.480	15.464.720	1130	IV
ATPC	POGGIO CASTELLACCIO (PG)	43.480.700	12.457.000	810	IV
ATPI	PIETRALUNGA – AVIOSUPERFICIE (PG)	43.450.680	12.402.220	694	IV
ATTE	AVT- MONTE TEZIO (PG)	43.197.900	12.353.600	929	IV

<sup>1</sup> <http://www.fdsn.org/>

<b>CODICE STAZIONE</b>	<b>LOCALITÀ</b>	<b>LAT</b>	<b>LON</b>	<b>QUOTA (M)</b>	<b>RETE</b>
ATVA	AVT - MONTE VALCINELLA (PG)	43.278.600	12.285.310	605	IV
ATVO	AVT- MONTE VALENTINO (PG)	43.382.110	12.406.630	638	IV
BADI	BADIALI (PG)	43.509.670	12.244.330	430	IV
BDI	BAGNI DI LUCCA (LU)	44.062.380	10.596.980	830	IV
BERNI	BERNINAPASS	46.413.400	10.023.100	2310	CH
BHB	BRICHERASIO (TO)	44.835.170	7.263.330	585	GU
BLLA	BELLARIA (RN)	44.142.940	12.470.330	1	IV
BLY	BANJA LUKA	44.748.800	17.183.900	256	MN
BNALP	BANNALP	46.870.500	8.425.000	1540	CH
BNI	BARDONECCHIA (TO)	45.052.820	6.676.330	1407	MN
BOB	BOBBIO (PC)	44.767.920	9.447.820	910	IV
BOSI	BOZEN-ZIVILSCHUTZ ZENTRALE	46.495.200	11.318.500	242	SI
BRIS	BRISIGHELLA (RA)	44.224.540	11.766.570	260	IV
BRES	BRESSANONE (BZ)	46.698.680	11.734.100	2454	IV
BRMO	BORMIO (SO)	46.476.000	10.373.070	1380	IV
BRSN	BARISANO (CF)	44.284.070	12.076.870	20	IV
BRT	BARI CASTELLANA (BA)	40.873.620	17.148.070	300	IV
BSSO	BUSSO (CB)	41.546.100	14.593.800	1010	IV
BULG	BULGHERIA – CAMEROTA (SA)	40.078.300	15.377.600	815	IV
CADA	CAPODARCO (AP)	43.194.200	13.761.400	148	IV
CAFE	CARIFE (AV)	41.028.000	15.236.600	1070	IV
CAFI	CASTIGLION FIORENTINO (AR)	43.329.200	11.966.300	547	IV
CAFR	CASTEL FRENTANO (CH)	42.227.300	14.347.000	250	IV
CAGR	AGIRA (EN)	37.622.000	14.499.900	548	IV
CAMP	CAMPOTOSTO (AQ)	42.535.780	13.409.000	1283	IV
CASP	CASTIGLIONE DELLA PESCAIA (GR)	42.790.800	10.865.200	390	IV
CAVT	CASTELVETRANO – MARCITA (TP)	37.678.830	12.755.600	158	IV
CDCA	CITTÀ DI CASTELLO (PG)	43.458.400	12.233.600	50	IV
CDRU	CIVITA DI RUTA – OTTATI (SA)	40.489.600	15.304.600	1057	IV
CEL	CELESTE (RC)	38.260.310	15.893.930	702	MN
CERA	FILIGNANO (IS)	41.597.800	14.018.300	800	IV
CERT	CERRETO (RM)	41.949.030	12.981.760	773	IV
CESI	CESI-SERRAVALLE DI CHIANTI (MC)	43.004.900	12.904.600	840	IV
CESX	CESI (TR)	42.610.000	12.580.000	380	IV
CGL	PUNTA SERPEDDI (CA)	39.366.000	9.296.000	1050	IV
CGRP	CIMA GRAPPA (PN)	45.880.670	11.804.670	1757	NI
CIGN	SANT'ELIA A PIANISI (CB)	41.654.180	14.905.020	350	IV
CING	CINGOLI (MC)	43.375.570	13.195.400	626	IV
CIRO	CHAMPORCER (AO)	45.601.900	7.568.200	2516	GU
CLTB	CALTABELLOTTA (AG)	37.578.570	13.215.620	957	MN
CMPO	CAMPOTTO PO (FE)	44.580.800	11.805.600	2	IV
CMPR	CAMPORA (SA)	40.318.100	15.303.000	732	IV
CORL	CORLEONE (PA)	37.894.300	13.303.800	660	IV
CRAC	CRACO (MT)	40.365.000	16.435.000	384	IV

<b>CODICE STAZIONE</b>	<b>LOCALITÀ</b>	<b>LAT</b>	<b>LON</b>	<b>QUOTA (M)</b>	<b>RETE</b>
CRE	CAPRESE MICHELANGELO (AR)	43.618.880	11.951.670	1215	IV
CRJA	COSTA RAJA (TP)	37.801.620	13.004.330	560	IV
CRMI	CARMIGNANO (PO)	43.790.000	10.970.000	490	IV
CSLB	CASTELBUONO (PA)	37.937.450	14.057.850	583	IV
CSNT	CASTELLINA IN CHIANTI (SI)	43.473.110	11.290.170	636	IV
CSSN	CASSANO IRPINO (AV)	40.860.900	15.023.900	690	IV
CTI	CASTELLO TESINO (TN)	46.048.180	11.649.700	1180	IV
CTL8	CASTELLEONE (CR)	45.276.300	9.762.200	60	IV
CUC	CASTROCUCCO (CS)	39.993.820	15.815.540	637	MN
DAVOX	DAVOS	46.780.600	9.879.700	1830	CH
DGI	DORGALI GROTTA ISPINIGOLI (NU)	40.318.020	9.606.680	354	IV
DIVS	DIVCIBARE	44.098.100	19.991.700	1000	MN
DIX	GRAND DIXENCE	46.080.500	7.404.000	2400	CH
DOI	SAN DAMIANO MACRA(CN)	44.504.150	7.246.650	1039	IV
ECCS	CONTRADA CASSONE (CT)	37.710.500	15.064.330	1500	II*
ECNV	CATENANUOVA (CT)	37.595.600	14.712.500	484	IV
ECPN	CASE DEL PIANO (CT)	37.742.830	14.988.500	2985	II*
ECTS	CASTIGLIONE (CT)	37.882.000	15.121.000	681	II*
EMA	ZAFFERANA ETNEA (CT)	37.688.330	15.062.330	1250	II*
EMGD	MONTE GROSSO (CT)	37.670.330	15.007.330	1350	II*
EMI	ADRANO (CT)	37.721.330	14.916.500	1560	II*
EMV	VIEUX EMOSSON	46.063.200	6.898.900	2210	CH
EMVD	BELPASSO (CT)	37.691.000	14.983.500	1855	II*
ERBM	EREMO DI BISMANTOVA (RE)	44.419.450	10.412.680	933	IV
ERC	ERICE (TP)	38.037.630	12.587.300	776	IV
ESLN	SERRA LA NAVI (CT)	37.693.400	14.974.400	1787	IV
ESPC	SERRA PIZZUTA (CT)	37.691.670	15.027.330	1600	II*
ESPD	ZAFFERANA ETNEA (CT)	37.697.170	15.034.500	1600	II*
FAEN	FAENZA (RA)	44.289.500	11.877.000	41	IV
FAGN	FAGNANO (AQ)	42.265.730	13.583.790	761	IV
FAVR	FAVARA 2 (AG)	37.267.080	13.666.930	258	IV
FDMO	FIORDIMONTE (MC)	43.036.500	13.087.300	550	IV
FG2	SERRACAPRIOLA (FG)	41.804.800	15.160.920	241	IV
FG4	CANDELA (FG)	41.131.970	15.517.520	450	IV
FG5	ORSARA DI PUGLIA (FG)	41.282.500	15.267.780	660	IV
FGMS	MONTE SANT'ANGELO 2 (FG)	41.707.880	15.953.450	848	IV
FIAM	FIAMIGNANO(RI)	42.268.020	13.117.180	1070	IV
FINB	FINALE LIGURE (SV)	44.177.500	8.325.300	85	GU
FIR	FIRENZE (FI)	43.774.366	11.255.134	40	IV
FIU	FONDO FIUMICELLO (MINERBIO) (BO)	44.640.310	11.491.650	12	IV
FIVI	FIVIZZANO (MS)	44.239.300	10.127.300	380	GU
FNVD	FONTANA VIDOLA (BO)	44.167.820	11.122.900	950	IV
FRES	FRESAGRAN DINARIA	41.973.510	14.669.260	414	IV
FRON	FRONTONE (PU)	43.517.770	12.725.720	515	IV

<b>CODICE STAZIONE</b>	<b>LOCALITÀ</b>	<b>LAT</b>	<b>LON</b>	<b>QUOTA (M)</b>	<b>RETE</b>
FROS	FROSINI (SI)	43.209.720	11.156.220	432	IV
FSSB	FOSSOMBRONE (PU)	43.693.090	12.777.070	523	IV
FUORN	OFENPASS	46.620.200	10.263.500	2335	CH
FUSIO	FUSIO	46.454.900	8.663.100	1480	CH
FVI	FORNI AVOLTRI (UD)	46.596.580	12.780.400	1024	IV
GALF	GAGLIANO CASTELFERRATO (EN)	37.710.700	14.566.500	740	IV
GATE	GAMBATESA (CB)	41.513.145	14.910.201	487	IV
GAVE	GAVELLI (PG)	42.692.200	12.894.200	1161	IV
GEPF	GEMONA DEL FRIULI (UD)	46.275.000	13.138.600	12	RF
GIB	GIBILMANNA (PA)	37.990.126	14.026.023	1020	IV
GIGS	GRAN SASSO (AQ)	42.450.000	13.569.000	1000	IV
GIMEL	ST GEORGES-GIMEL	46.534.700	6.265.800	1130	CH
GIO	MONTE SAN GREGORIO (CT)	37.566.670	15.108.330	200	IV
GIUL	GIULIANO DI ROMA (FR)	41.558.270	13.254.580	566	IV
GMB	GAMBARIE (RC)	38.168.070	15.828.880	1300	IV
GMNA	GEMONA (UD)	46.279.800	13.138.320	250	IV
GRFL	GERFALCO(GR)	43.147.170	10.975.450	750	IV
GRI	GIRIFALCO (CZ)	38.822.130	16.420.020	510	IV
GROG	ISOLA DI GORGONA (LI)	43.426.180	9.892.010	118	IV
GSCL	GUSCIOLA (MO)	44.350.470	10.588.100	674	IV
GUAR	GUARCINO (FR)	41.794.500	13.312.290	741	IV
GUMA	GUALDO DI MACERATA (MC)	43.062.700	13.335.200	574	IV
HAGA	HYBLEAN AUGUSTA (SR)	37.285.000	15.155.000	126	IV
HAVL	AVOLA (SR)	36.959.600	15.122.000	502	IV
HCRL	CARLENTINI (SR)	37.283.100	15.032.500	240	IV
HMDC	MODICA (RG)	36.959.000	14.783.100	595	IV
HVZN	VIZZINI (CT)	37.178.300	14.715.500	787	IV
IACL	ALICUDI (ME)	38.533.000	14.355.000	145	IV
IFIL	FILICUDI (ME)	38.564.200	14.575.300	277	IV
ILLI	LIPARI (ME)	38.445.700	14.948.300	283	IV
IMI	IMPERIA (IM)	43.910.500	7.893.170	840	IV
IMOL	IMOLA (BO)	44.359.550	11.742.480	27	IV
INTR	INTRODACQUA (AQ)	42.011.540	13.904.600	924	IV
IVPL	VULCANO PIANO (ME)	38.376.300	14.980.100	486	IV
IVUG	ISOLA VULCANO PIANO (ME)	38.396.000	14.986.000	250	IV
JOPP	JOPPOLO (VV)	38.606.800	15.885.600	500	IV
KEK	KERKIRA	39.713.000	19.798.700	280	HL
KLV	KALAVRYTA, ACHAIA	38.043.670	22.150.420	758	HL
KOSI	KOHLERN-TITSCHEN	46.463.000	11.377.800	1604	SI
LADO	SAN NICOLA DELL'ALTO (KR)	39.283.981	16.979.492	488	IV
LATE	LATERA (VT)	42.613.700	11.804.000	610	IV
LAV9	LANUVIO (RM)	41.677.780	12.698.880	300	IV
LNSS	LEONESSA (RI)	42.602.860	13.040.320	1155	IV
LPD	LAMPEDUSA (AG)	35.511.000	12.595.000	20	IV



<b>CODICE STAZIONE</b>	<b>LOCALITÀ</b>	<b>LAT</b>	<b>LON</b>	<b>QUOTA (M)</b>	<b>RETE</b>
LPEL	LAMA DEI PELIGNI (CH)	42.046.800	14.183.200	760	IV
LPI	LIPARI (ME)	38.489.580	14.932.450	611	IV
LSD	LAGO SERRU' - CERESOLE REALE (TO)	45.459.500	7.134.330	2285	GU
LTRZ	LATERZA (TA)	40.603.250	16.819.100	381	IV
LVI	(ISOLA DI) LEVANZO (TP)	37.985.550	12.336.930	30	IV
MA9	MARINO (RM)	41.770.170	12.659.330	340	IV
MABI	MALGA BISSINA (TN)	46.054.920	10.514.000	1853	IV
MAGA	MAGASA (BS)	45.775.300	10.628.600	1265	IV
MAIM	MASTIANO (LU)	43.914.170	10.491.500	200	GU
MAON	MONTE ARGENTARIO (GR)	42.428.280	11.130.900	237	IV
MATE	MATERA (MT)	40.649.070	16.704.420	494	GE
MCEL	MONTICELLO(PZ)	40.324.900	15.801.900	960	IV
MCGN	MACUGNAGA (VB)	45.957.370	7.987.780	1185	IV
MCRV	CALABRITTO - MT. CERVIALTO (AV)	40.782.600	15.168.400	1191	IV
MCT	MONTECAMMARATA (AG)	37.618.640	13.607.610	1558	IV
MDI	MONTE DI NESE (BG)	45.769.720	9.716.000	954	IV
MELA	MELANICO - S. CROCE DI MAGLIANO (CB)	41.705.900	15.127.000	115	IV
MESG	MESAGNE (BR)	40.589.408	17.850.423	78	IV
MEU	MONTE LAURO	37.111.120	14.830.000	986	IV
MFNL	MONTE FINESTRELLE (TP)	37.790.820	12.922.420	677	IV
MGAB	MONTEGABBIONE (TR)	42.912.630	12.112.140	547	IV
MGR	MORIGERATI (SA)	40.137.600	15.553.520	288	IV
MIDA	MIRANDA (IS)	41.641.880	14.254.020	950	IV
MIGL	MIGLIONICO (MT)	40.604.400	16.441.000	440	IV
MILZ	MILAZZO FARO (ME)	38.271.300	15.231.300	0	IV
MMGO	MONTE MAGAGGIARO (AG)	37.661.950	12.976.730	397	IV
MMK	MATTMARK	46.051.670	7.965.000	2200	CH
MMME	MONGIUFFI-MELIA (ME)	37.935.200	15.253.900	959	IV
MMN	MORMANNO (CS)	39.890.961	15.990.414	921	IV
MNO	MONTE SORO (ME)	37.931.000	14.695.000	1830	IV
MNS	MONTASOLA (RI)	42.385.460	12.681.060	706	IV
MOCO	BICCARI - MONTE CORNACCHIA (FG)	41.370.000	15.158.000	1049	IV
MODE	MODENA (MO)	44.629.722	10.949.167	41	IV
MODR	MONDRAGONE (CS)	41.145.900	13.877.900	345	IV
MONC	MONCUCCO TORINESE (AT)	45.073.900	7.927.100	480	IV
MOSI	GRO.MONTONI-VINSCHGAU	46.616.400	10.549.500	1957	SI
MPAZ	PALIZZI (RC)	37.953.100	16.006.700	496	IV
MPG	MONTE PELLEGRINO (PA)	38.161.670	13.360.000	600	IV
MRB1	MONTE ROCCHETTA (BN)	41.122.700	14.968.150	688	IV
MRGE	MORGE (AO)	45.769.750	7.061.010	1660	IV
MRLC	MURO LUCANO (PZ)	40.756.400	15.488.920	605	IV
MRVN	MINERVINO MURGE (BA)	41.060.900	16.195.800	610	IV
MSAG	MONTE S. ANGELO (FG)	41.712.000	15.909.600	890	IV
MSC	M. MASSICO (CS)	41.191.500	13.971.330	109	OV*

<b>CODICE STAZIONE</b>	<b>LOCALITÀ</b>	<b>LAT</b>	<b>LON</b>	<b>QUOTA (M)</b>	<b>RETE</b>
MSCL	SCILLA (RC)	38.232.000	15.790.000	893	IV
MSI	MESSINA (ME)	38.205.250	15.553.850	55	IV
MSRU	POGGIO SCUDEARU (ME)	38.263.900	15.508.300	408	IV
MSSA	MAISSANA (SP)	44.316.250	9.517.390	930	IV
MTCE	MONTECELIO (RM)	42.022.800	12.742.220	388	IV
MTGR	MONTAGNA GRANDE (TP)	37.893.370	12.759.320	751	IV
MTRZ	MONTERENZIO (BO)	44.312.800	11.424.800	570	IV
MTSN	MONTESANO SULLA MARCELLANA (SA)	40.266.300	15.751.500	1056	IV
MTTG	MOTTA SAN GIOVANNI (RC)	38.003.100	15.699.920	484	IV
MUGIO	MUGGIO	45.921.900	9.041.700	830	CH
MURB	MONTE URBINO (PG)	43.263.000	12.524.600	845	IV
NL9	NOLA (NA)	40.920.500	14.545.000	75	OV*
NOCI	NOCI (BA)	40.788.800	17.064.400	420	IV
NOVE	NOVELLARA (RE)	44.798.220	10.716.080	16	IV
NRCA	NORCIA (PG)	42.833.550	13.114.270	927	IV
OC9	CASAMICCIOLA (NA)	40.745.830	13.900.830	123	OV*
OFFI	OFFIDA (AP)	42.935.000	13.685.700	320	IV
ORI	ORIOLO CALABRO (CS)	40.050.960	16.450.405	375	IV
ORO	OROPA (BI)	45.626.780	7.981.300	1157	IV
OSKI	OSCHIRI (SS)	40.821.000	9.108.300	896	IV
OVO	OSSERVATORIO VESUVIANO (NA)	40.827.500	14.396.670	584	OV*
PALA	MONTE PALA (PN)	46.245.000	12.924.000	1280	NI
PALZ	PALAZZO SAN GERVASIO (PZ)	40.944.100	15.960.200	450	IV
PAOL	PAOLISI (BN)	41.031.206	14.567.486	715	IV
PARC	PARCHIULE (PU)	43.648.600	12.238.600	580	IV
PCP	PIAN CASTAGNO-PONZONE (AL)	44.541.330	8.545.170	770	GU
PDG	PODGORICA	42.429.700	19.260.800	40	MN
PE9	PESCOSANNITA (BN)	41.233.330	14.833.330	395	OV*
PESA	PESARO (PU)	43.941.050	12.840.180	221	IV
PGD	POGGIO SODO (FC)	43.875.280	11.721.380	1500	IV
PIEI	PIEIA (PU)	43.535.670	12.535.000	665	IV
PII	PISA (PI)	43.721.930	10.524.950	66	IV
PIPA	PIETRAPAOLA (CS)	39.485.140	16.815.800	479	IV
PLAC	PLACANICA (RC)	38.449.400	16.438.300	602	IV
PLLN	POLLINA (PA)	37.992.600	14.143.100	787	IV
PLMA	PALMARIA-PORTOVENERE (SP)	44.049.840	9.850.710	22	IV
PLONS	PLONS	47.049.200	9.380.700	1068	CH
POFI	POSTA FIBRENO (FR)	41.717.430	13.712.020	878	IV
POLC	POLCENIGO (PN)	46.026.600	12.500.500	150	NI
POZ	POZZUOLI (NA)	40.820.330	14.120.500	3	OV*
PRMA	PARMA (PR)	44.763.740	10.313.110	78	IV
PSBI	PESCO SANNITA (BN)	41.223.450	14.810.780	551	IV
PTCC	PATOCOCO (UD)	46.407.500	13.354.000	700	IV
PTMD	PANTELLERIA - KUDDIA MIDA (TP)	36.788.500	11.993.400	626	IV

<b>CODICE STAZIONE</b>	<b>LOCALITÀ</b>	<b>LAT</b>	<b>LON</b>	<b>QUOTA (M)</b>	<b>RETE</b>
PTQR	PIETRAQUARIA (AQ)	42.021.930	13.400.570	957	IV
PTRJ	PIETRAROJA (BN)	41.364.100	14.529.000	1027	IV
PTRP	PIETRAPERIOSA (PZ)	40.521.480	16.061.240	1077	IV
PTS	PANTELLERIA (TP)	36.807.000	11.993.000	100	IV
PZI	PALAZZOLO ACREIDE (SR)	37.057.150	14.947.550	603	IV
PZUN	POTENZA UNIVERSITÀ (PZ)	40.645.800	15.807.000	820	BA
PZZ	PRAZZO (STROPPO) (CN)	44.506.800	7.116.000	1430	GU
PZZT	MONTE PIZZETTO (BO)	44.131.300	10.861.700	1236	IV
QLNO	QUILIANO (SV)	44.324.250	8.345.920	547	IV
RAFF	RAFFO ROSSO (CT)	37.222.500	14.362.400	310	IV
RAVA	RAVARINO (MO)	44.755.870	11.118.800	15	IV
RDP	ROCCA DI PAPA (RM)	41.758.330	12.716.670	760	IV
RESU	RESUTTANO (CL)	37.646.800	14.056.800	785	IV
RFI	ROCCAMONFINA (CS)	41.300.570	13.984.720	780	IV
RGNG	RIGNANO GARGANICO (FG)	41.674.170	15.586.380	587	IV
RISI	REIN IN TAUFERS-AHRNTAL	46.948.000	12.078.700	1785	SI
RMP	MONTE PORZIO CATONE (RM)	41.811.120	12.702.220	380	IV
RNI2	RIONERO SANNITICO (IS)	41.703.280	14.152.400	950	IV
ROM9	ROMA (SEDE INGV) (RM)	41.828.420	12.515.530	110	IV
RORO	ROCCA ROSSA(SV)	44.112.170	8.066.170	260	GU
ROSI	RO.KOPF-STERZING	46.928.100	11.411.800	1917	SI
ROVR	ROVERE' VERONESE (VR)	45.646.800	11.072.100	1316	IV
RRL	CESANA TORINESE (TO)	44.920.830	6.790.830	2130	GU
RSM	REPUBBLICA DI SAN MARINO (RSM)	43.930.270	12.449.700	645	IV
RSP	RENO SUPERIORE (TO)	45.148.170	7.265.330	1285	GU
SABO	SABOTINO (GO)	45.987.500	13.633.600	621	NI
SACR	S. CROCE DEL SANNIO (BN)	41.397.400	14.705.700	859	IV
SACS	SAN CASCIANO DEI BAGNI (SI)	42.849.060	11.909.670	845	IV
SAL	SALO' (BS)	45.607.780	10.525.480	90	IV
SALB	SAN LORENZO BELLIZZI (CS)	39.877.200	16.345.900	1200	IV
SALO	SALÒ (BS)	45.618.300	10.524.300	600	IV
SAMA	S.MARIA DELLE MOLE (CIAMPINO) (RM)	41.780.500	12.592.300	119	IV
SAOF	SAORGE	43.986.000	7.553.000	595	FR
SASS	SASSA (PI)	43.258.050	10.689.830	438	IV
SATI	PASSO SALATI (AO)	45.875.300	7.868.500	3005	GU
SBPO	S.BENEDETTO PO (MN)	45.051.080	10.919.870	10	IV
SC2M	SCURTABÒ (SP)	44.404.300	9.534.300	664	GU
SCHR	S. CHIRICO RAPARO (PZ)	40.199.240	16.075.900	968	IV
SCLL	SCILLA (RC)	38.256.250	15.714.320	81	IV
SCTE	SANTA CESAREA TERME (LE)	40.072.400	18.467.500	150	IV
SDI	SAN DONATO VAL COMINO (FR)	41.709.950	13.810.700	698	IV
SEI	SANT' AGATA (FI)	44.054.280	11.358.550	610	IV
SENI	SENIGALLIA (AN)	43.705.200	13.233.100	10	IV
SERS	SERSALE (CZ)	39.035.900	16.688.600	1221	IV

<b>CODICE STAZIONE</b>	<b>LOCALITÀ</b>	<b>LAT</b>	<b>LON</b>	<b>QUOTA (M)</b>	<b>RETE</b>
SFI	SANTA SOFIA (CF)	43.904.770	11.846.950	548	IV
SGG	S.GREGORIO MATESE (CE)	41.386.670	14.379.170	880	OV*
SGO	SICIGNANO DEGLI ALBURNI (SA)	40.560.450	15.307.380	651	IV
SGRT	SAN GIOVANNI ROTONDO (FG)	41.754.600	15.743.700	960	IV
SGTA	SANT AGATA DI PUGLIA (FG)	41.135.000	15.365.000	890	IV
SIRI	MONTE SIRINO – MOLITERNO (PZ)	40.182.100	15.867.500	1063	IV
SLCN	SALA CONSILINA (SA)	40.390.000	15.632.770	986	IV
SLNA	SALINA (ME)	38.563.550	14.832.950	361	IV
SMA1	SAN MARTINO (RI)	42.630.500	13.335.300	1150	IV
SMPL	SAMPOLO	42.094.000	9.285.000	405	FR
SN1	CAPO MULINI MARE (CT)	37.547.600	15.397.500	-2065	IV
SNAL	S. ANGELO DEI LOMBARDI (AV)	40.925.420	15.209.080	874	IV
SNTG	ESANATOGLIA (MC)	43.255.000	12.940.570	650	IV
SOI	SAMO (RC)	38.073.230	16.054.240	305	IV
SOLUN	SOLUNTO (PA)	38.091.930	13.532.610	190	IV
SOR	TERMINI DI SORRENTO (NA)	40.582.000	14.335.000	497	OV*
SSFR	MONTELAGO DI SASSOFERRATO (AN)	43.436.280	12.782.250	750	IV
SSY	SORTINO (SR)	37.157.700	15.073.700	600	IV
STAL	STALIGIAL (PN)	46.260.100	12.710.400	625	IV
STR1	STROMBOLI 1 (ME)	38.795.000	15.224.170	488	IV
STR3	STROMBOLI 3 (ME)	38.797.830	15.230.500	195	OV*
STR4	STROMBOLI 4 (ME)	38.773.850	15.211.500	86	OV*
STR5	STROMBOLI 5 (ME)	38.791.070	15.203.170	632	IV
STR8	STROMBOLI 8 (ME)	38.799.670	15.218.670	529	IV
STRA	STROMBOLI A (ME)	38.795.240	15.217.120	843	IV
STV	SANT'ANNA DI VALDIERI (CN)	44.245.500	7.326.000	930	GU
T0104	COPPITO- MADONNA DELLE GRAZIE (AQ)	42.359.900	13.338.200	754	IV
T0401	MONTOTTONE (FM)	43.062.070	13.595.670	343	IV
T0402	ABBADIA DI FIASTRA (TOLENTINO) (MC)	43.221.340	13.406.350	212	IV
TDS	TERRANOVA DA SIBARI (CS)	39.660.100	16.337.620	244	IV
TEOL	TEOLO (PD)	45.361.667	11.673.889	370	IV
TERO	TERAMO (TE)	42.622.790	13.603.930	673	IV
TIP	TIMPAGRANDE (KR)	39.179.350	16.758.270	789	MN
TIR	TIRANA	41.347.215	19.863.082	247	MN
TOLF	TOLFA (RM)	42.064.060	12.000.170	371	IV
TR9	TREVICO (AV)	41.045.830	15.232.000	1094	OV*
TRAV	TRAVERSELLA (TO)	45.512.670	7.747.000	990	GU
TRI	TRIESTE (TS)	45.708.830	13.764.170	161	MN
TRIF	TRIFONTI (GR)	43.114.780	10.902.650	596	IV
TRIV	TRIVENTO (CB)	41.766.600	14.550.200	598	IV
TRTR	TORTORETO ALTA (TE)	42.808.100	13.913.800	160	IV
TUE	STUETTA (SO)	46.472.230	9.347.320	1924	MN
USI	USTICA (PA)	38.707.870	13.179.130	285	IV
VAGA	VALLE AGRICOLA (CE)	41.415.400	14.234.200	795	IV

<b>CODICE STAZIONE</b>	<b>LOCALITÀ</b>	<b>LAT</b>	<b>LON</b>	<b>QUOTA (M)</b>	<b>RETE</b>
VARE	VARESE (VA)	45.867.694	8.770.000	1219	IV
VCEL	VILLA CELIERA (PE)	42.394.550	13.840.590	1185	IV
VENT	VENTOTENE (LT)	40.794.780	13.421.560	108	IV
VINO	VILLANOVA (UD)	46.253.830	13.275.500	608	NI
VLC	VILLA COLLE MANDINA (LU)	44.159.130	10.386.180	562	MN
VMG	VILLORE DEL MUGELLO (FI)	43.961.670	11.543.830	450	IV
VSL	VILLASALTO (CA)	39.496.000	9.378.000	370	MN
VULT	MONTE VULTURE – MELFI (PZ)	40.954.900	15.616.300	1101	IV
VVLD	VILLAVALLELONGA (AQ)	41.869.650	13.623.240	1051	IV
WDD	WIELD DALAM	35.837.300	14.524.200	44	MN
WTTA	WATTENBERG	47.263.670	11.636.330	1764	OE
ZCCA	ZOCCA (MO)	44.350.850	10.976.500	700	IV

## A.2 LA RETE SISMOMETRICA MARCHIGIANA | RSM

La RSM [vedi D'Alema et al., 2011 – in questo volume] è costituita “in senso stretto” (ovvero escludendo la rete temporanea AVT e le stazioni della RSN gestite dalla sede di Ancona) da 12 stazioni sotto elencate e mostrate in due differenti tabelle: nella prima il codice stazione, la località e la provincia di ubicazione e le coordinate; nella seconda, la strumentazione in uso e il tipo di trasmissione (indicato con “VETTORE” nell’ultima colonna) con quale le stazioni vengono centralizzate presso il centro marchigiano.

<b>CODICE STAZIONE</b>	<b>LOCALITÀ</b>	<b>LAT</b>	<b>LON</b>	<b>QUOTA (M)</b>
AQT1	ARQUATA DEL TRONTO (AP)	42.773833	13.293500	770
CSP1	CESSAPALOMBO (MC)	43.091833	13.204833	1188
EL6	ELCITO (MC)	43.329333	13.101667	978
MC2	CORNACCIONE (MC)	42.912667	13.190500	1916
MF5	MONTEFALCONE APPENNINO (PG)	42.988833	13.460500	770
MML1	MONTE LAGO (MC)	43.113500	12.971667	943
MMO1	MONTE MONACO (AP)	42.899333	13.326833	957
MN3	MONTAPPONE (FM)	43.140000	13.470500	368
PE3	PEGLIO (PU)	43.696000	12.496333	530
PF6	PIEVEFAVERA (MC)	43.148833	13.193000	425
SAP2	SANT'ANGELO IN PONTANO (MC)	43.096667	13.399167	402
TV6	TAVULLIA (PU)	43.910333	12.775500	289

<b>CODICE STAZIONE</b>	<b>LOCALITÀ</b>	<b>A/D</b>	<b>SP</b>	<b>VETTORE</b>
AQT1	ARQUATA DEL TRONTO (AP)	Mars88	Mark_L4-3d	GSM
CSP1	CESSAPALOMBO (MC)	Mars88	Le3d-5s	UHF
EL6	ELCITO (MC)	Mars88	Le3d-5s	UHF
MC2	CORNACCIONE (MC)	Mars88	Mark_L4-3d	GSM
MF5	MONTEFALCONE APPENNINO (PG)	Mars88	Le3d-5s	UHF
MML1	MONTE LAGO (MC)	Mars88	Mark_L4-3d	GSM
MMO1	MONTE MONACO (AP)	Mars88	Mark_L4-3d	GSM
MN3	MONTAPPONE (FM)	Mars88	Mark_L4-3d	GSM
PE3	PEGLIO (PU)	Mars88	Mark_L4-3d	GSM
PF6	PIEVEFAVERA (MC)	Mars88	Le3d-1s	GSM
SAP2	SANT'ANGELO IN PONTANO (MC)	Mars88	Mark_L4-3d	GSM
TV6	TAVULLIA (PU)	Mars88	Le3d-1s	UHF

### A.3 LA RETE SISMICA DELL'UMBRIA

Presso la sede INGV di Ancona confluiscono anche i dati della Rete Sismica dell'Umbria (non descritta in questo volume), gestita dall'Osservatorio Sismico "A.Bina" di Perugia, costituita da 10 stazioni dotate di strumentazione omogenea con quella della RSM.

<b>CODICE STAZIONE</b>	<b>LOCALITÀ</b>	<b>LAT</b>	<b>LON</b>	<b>QUOTA (M)</b>
ARRO	ARRONE (TR)	42.579170	12.765670	253
FOS1	FOSSATO DI VICO (PG)	43.294833	12.761167	559
MGIO	MONTE GIOVE (PU)	43.542000	12.202000	420
MMA1	MONTE MARTANO (PG)	42.801000	12.568170	1040
MSM1	MONTE S. MARIA TIBERINA (PG)	43.436000	12.162667	660
NAR2	NARNI (TR)	42.519000	12.514330	220
NOC1	NOCERA UMBRA (PG)	43.111333	12.798000	513
PIE1	PIETRALUNGA (PG)	43.431000	12.426667	599
SMS1	SAN MARCO DI SAVELLI (TR)	42.717670	13.136170	1110
TRV1	TREVI (PG)	42.876833	12.744333	370

<b>CODICE STAZIONE</b>	<b>UBICAZIONE</b>	<b>A/D</b>	<b>SP</b>	<b>VETTORE</b>
ARRO	ARRONE (TR)	Mars88	Mark_L4-3d	GSM
FOS1	FOSSATO DI VICO (PG)	Mars88	Mark_L4-3d	GSM
MGIO	MONTE GIOVE (PU)	Mars88	Mark_L4-3d	GSM
MMA1	MONTE MARTANO (PG)	Mars88	Mark_L4-3d	GSM
MSM1	MONTE S. MARIA TIBERINA (PG)	Mars88	Mark_L4-3d	GSM
NAR2	NARNI (TR)	Mars88	Mark_L4-3d	GSM
NOC1	NOCERA UMBRA (PG)	Mars88	Mark_L4-3d	GSM
PIE1	PIETRALUNGA (PG)	Mars88	Mark_L4-3d	GSM
SMS1	SAN MARCO DI SAVELLI (TR)	Mars88	Mark_L4-3d	GSM
TRV1	TREVI (PG)	Mars88	Mark_L4-3d	GSM

#### A.4 LA RETE SISMICA REGIONALE ABRUZZO | RSA

La RSA [vedi De Luca, 2011 – in questo volume] è oggi costituita da 18 delle 26 stazioni sotto elencate. Nella prima tabella, le stazioni dismesse sono indicate con un “\*”. Nella seconda tabella è mostrata la strumentazione in uso e le date di inizio ed eventualmente fine acquisizione delle stazioni.

CODICE STAZIONE	UBICAZIONE	LAT	LON	QUOTA (M)
ACC1*	ACCIANO (AQ) (Palazzo comunale)	42°10.57	13°43.11	600
ACC2*	ACCIANO (AQ) (Scuola)	42°10.69	13°43.08	590
ACQ1	ACQUARATORA (ROCCA S. MARIA - TE)	42°42.15	13°33.55	1050
AIE1	AIELLI ALTO (AQ)	42°04.86	13°35.40	1025
BAC1	BACUGNO (RI)	42°32.92	13°07.61	770
BRS1	PIÈ DELLE VIGNE (BARISCIANO - AQ)	42°17.99	13°35.57	853
CIV1*	CIVITA D’ANTINO (AQ)	41°53.13	13°28.30	920
CMF1	CAMPO FELICE (AQ)	42°12.45	13°28.18	1675
CST1*	CASTELLI (TE)	42°29.94	13°42.61	471
GLL1*	GALLO (TAGLIACOZZO – AQ)	42°05.92	13°15.94	863
GNZ1*	GENZANO DI SASSA (AQ)	42°21.14	13°19.75	670
GSO2	ASSERGI - AQ ( Lab. Nazionale Gran Sasso)	42°25.25	13°31.16	1056
LMP1	LAMA DEI PELIGNI (CH)	42°02.81	14°11.01	776
MIC1	MICIGLIANO (RI)	42°27.13	13°03.24	930
MTR1*	MONTEREALE (AQ) (Privato)	42°31.54	13°14.50	905
MTR2	MONTEREALE (AQ) (Chiesa)	42°31.39	13°14.76	945
ORT1	ORTONA DEI MARSI (AQ)	41°59.76	13°43.79	1170
PRE1	PRETURO (AQ) – Oss. Geomagnetico INGV	42°22.96	13°18.93	697
PSC1	PESCASSEROLI (AQ)	41°48.40	13°47.43	1165
PSO1	PESCOSOLIDO (FR)	41°45.05	13°39.28	617
PTS1	PIETRANSIERI ( ROCCARASO – AQ)	41°50.77	14°07.18	1352
SAN1*	SANT’ANGELO (AMATRICE - RI)	42°38.96	13°18.32	1010
SBP1	SAN BENEDETTO IN PERILLIS (AQ)	42°10.95	13°46.20	845
SEM1	SANT’EUFEMIA A MAIELLA (CH)	42°07.22	14°01.59	910
SMA1	SAN MARTINO ( AMATRICE - RI)	42°37.83	13°20.12	1158
TRE1	TREMONTI (TAGLIACOZZO – AQ)	42°05.49	13°11.63	1080



<b>CODICE STAZIONE</b>	<b>LOCALITÀ</b>	<b>START</b>	<b>STOP</b>	<b>STRUMENTI</b>
ACC1	ACCIANO (AQ) (Palazzo comunale)	25/05/2006	10/06/2008	L_3D 1Hz
ACC2	ACCIANO (AQ) (Scuola)	10/06/2008	27/08/2008	L_3D 1Hz
ACQ1	ACQUARATORA (ROCCA S. MARIA - TE)	09/10/2008		L_3D 1Hz
AIE1	AIELLI ALTO (AQ)	21/12/2006		L_4C 1Hz
BAC1	BACUGNO (RI)	07/02/2008		L_3D 1Hz
BRS1	PIÈ DELLE VIGNE (BARISCIANO - AQ)	24/03/2006		L_3D 1Hz
CIV1	CIVITA D'ANTINO (AQ)	10/04/2007	15/09/2009	L_4C 1Hz
CMF1	CAMPO FELICE (AQ)	25/05/2006		L_3D 1Hz
CST1	CASTELLI (TE)	28/04/2006	09/10/2008	L_3D 1Hz
GLL1	GALLO (TAGLIACOZZO – AQ)	24/03/2006	06/06/2008	L_3D 1Hz
GNZ1	GENZANO DI SASSA (AQ)	02/12/2005	02/10/2008	L_3D 1Hz
GSO2	ASSERGI - AQ ( Lab. Nazionale Gran Sasso)	20/12/2005		L_3D 1Hz
LMP1	LAMA DEI PELIGNI (CH)	08/05/2006		L_3D 1Hz
MIC1	MICIGLIANO (RI)	20/04/2007		L_4C 1Hz
MTR1	MONTEREALE (AQ) (Privato)	06/09/2006	07/02/2008	L_3D 1Hz
MTR2	MONTEREALE (AQ) (Chiesa)	20/02/2007		L_4C 1Hz
ORT1	ORTONA DEI MARSII (AQ)	03/01/2006		L_3D 1Hz
PRE1	PRETURO (AQ) – Os. Geomagnetico INGV	02/10/2008		L_3D 1Hz
PSC1	PESCASSEROLI (AQ)	09/12/2005		L_3D 1Hz
PSO1	PESCOSOLIDO (FR)	08/10/2009		L_3D 1Hz
PTS1	PIETRANSIERI ( ROCCARASO – AQ)	13/12/2006		L_3D 1Hz
SAN1	SANT'ANGELO (AMATRICE - RI)	11/01/2007	13/03/2009	L_4C 1Hz
SBP1	SAN BENEDETTO IN PERILLIS (AQ)	27/08/2008		L_3D 1Hz
SEM1	SANT'EUFEMIA A MAIELLA (CH)	11/05/2006		L_3D 1Hz
SMA1	SAN MARTINO ( AMATRICE - RI)	13/03/2009		L_4C 1Hz
TRE1	TREMONTE (TAGLIACOZZO – AQ)	10/06/2008		L_3D 1Hz

## A.5 IRPINIA SEISMIC NETWORK | ISNET

ISNet [vedi Martino et al., 2011 – in questo volume] è una rete sismica locale di accelerometri, sensori corto periodo e larga banda operante nell'Appennino meridionale nell'area sismogenetica che ha generato i maggiori terremoti degli ultimi secoli e connessa in telemetria al Laboratorio RISSC<sup>2</sup> di Napoli:

CODICE STAZIONE	LOCALITÀ	LAT	LON	QUOTA (M)
AND3	ANDREATA (SA)	40.9298	15.3331	905
AVG3	AVIGLIANO (PZ)	40.7619	15.7251	1213
BEL3	BELLA (PZ)	40.7153	15.6369	758
BENI	BENEVENTO (BN)	41.1298	14.7716	75
CGG3	CAGGIANO (SA)	40.542	15.5225	1067
CLT3	CALITRI (AV)	40.903	15.4043	525
CMP3	CAMPAGNA (SA)	40.6519	15.0802	958
COL3	COLLIANO (SA)	40.6871	15.3304	1026
CSG3	CASTELGRANDE (PZ)	40.8181	15.4633	1253
LGS3	LUOGOSANO (AV)	40.9865	14.9906	413
LIO3	LIONI (AV)	40.8969	15.1804	737
MNT3	MONTELLA (AV)	40.837	15.0067	866
MRN3	MARSICO NUOVO (PZ)	40.4256	15.7296	772
NSC3	NUSCO (AV)	40.8468	15.1222	1300
PGN3	PIGNOLA (PZ)	40.5722	15.7967	882
PST3	POSTIGLIONE (SA)	40.5609	15.2433	762
RDM3	RUVO DEL MONTE (PZ)	40.8755	15.5361	784
RSF3	ROCCA SAN FELICE	40.9643	15.176	865
SCL3	SERRA CAMPOLUNGO (PZ)	40.6951	15.5114	744
SNR3	SENERCHIA (SA)	40.7357	15.1927	1009
SRN3	SANT'ARSENIO (SA)	40.4861	15.458	1067
SSB3	SAN SOSSIO BARONIA (AV)	41.0785	15.2292	724
STN3	SATRIANO DI LUCANIA (PZ)	40.53	15.6515	832
TEO3	TEORA (AV)	40.8447	15.2633	870
VDP3	VIETRI DI POTENZA (PZ)	40.6052	15.5721	959
VDS3	MURO LUCANO (PZ)	40.7408	15.427	1154
VGG3	VIGGIANO (PZ)	40.336	15.901	882

<sup>2</sup> <http://www.rissclab.unina.it/>

## A.6 LA RETE SISMICA DELL'OGS

Attualmente il CRS dell'OGS [vedi Pesaresi e Bragato, 2011 – in questo volume] gestisce una rete sismica permanente costituita da 36 stazioni ma ne acquisisce in tempo reale un totale pari a poco meno di 100 stazioni. I numerosi contributi provenienti da reti sismiche gestite da altre istituzioni (Protezione Civile Friuli Venezia Giulia, Regione del Veneto - Unità di Progetto Protezione Civile, Università degli Studi di Trieste - Dip. Scienze della Terra ed INGV) concorrono al servizio di monitoraggio dell'Italia del Nord Est.

Di seguito due tabelle con il quadro di dettaglio delle stazioni della rete. In particolare nella prima sono indicate: la sigla stazione, la località e la provincia di ubicazione, le coordinate e il codice internazionale della rete sismica (FV = Friuli and Veneto Seismic Network; MN = MEDNET. dell'INGV; NI = *North-East Italy Broadband Network* dell'OGS/Università di Trieste). A seguire, la configurazione tecnica di ogni sito.

CODICE STAZIONE	LOCALITÀ	LAT	LON	QUOTA (M)	APERTA DAL	RETE
ACOM	ACOMIZZA (UD)	46.548	13.5137	1715	25/09/2003	NI
ADRI	ADRIA (RO)	45.0378	12.0166	1	26/01/2008	FV
AGOR	AGORDO (BL)	46.2829	12.0472	631	06/06/2007	NI
AFL	ALPE FALORIA (BL)	46.5283	12.1755	2235	01/01/1988	FV
BALD	BALDO MT.(VR)	45.683	10.8187	1911	08/11/2007	NI
BAD	BERNADIA (UD)	46.2342	13.2433	590	06/05/1977	FV
BOO	BORDANO (UD)	46.3197	13.0983	444	09/05/1977	FV
BUA	BUIA (UD)	46.2167	13.1233	320	06/05/1977	FV
CAE	CANEVA (PN)	46.0086	12.4381	870	23/04/1983	FV
CSM	CASERA MIMOIAS (UD)	46.5122	12.6519	1635	12/10/1994	FV
CSO	CASSO (PN)	46.2733	12.3239	1060	01/01/1988	FV
PRED	CAVE DEL PREDIL (UD)	46.4428	13.565	902	23/07/2010	NI
CGRP	CIMA GRAPPA (UD)	45.8806	11.8047	1757	17/05/2001	NI
CIMO	CIMOLAIS (PN)	46.3116	12.4447	610	18/03/2002	NI
CLUD	CLUDINICO (UD)	46.4569	12.8814	635		NI
COLI	COLLOREDO (UD)	46.1317	13.3767	250	1977-05-06	FV
DRE	DRENCHIA (UD)	46.1733	13.645	810	1982-12-21	FV
FAU	FORCELLA AURINE (BL)	46.2322	11.9753	1430	1988-01-01	FV
FUSE	FUSEA (UD)	46.4141	13.001	520	2007-12-13	NI
GAZZ	GAZZO VERONESE (VR)	45.1134	11.095	12	12/04/2009	FV
IESO	JESOLO (VE)	45.5178	12.5464	0	01/05/2001	FV
LSR	LUSSARI (UD)	46.4758	13.5278	1755	01/01/1988	FV
MLN	MALNISIO (PN)	46.15	12.6147	814	02/11/1995	FV
MARN	MARANA (PN)	45.638	11.21	785	27/11/2009	NI
MPRI	MONTE PRAT (UD)	46.24	12.9872	762	20/05/1977	NI
MTLO	MONTELLO (BG)	45.8136	12.0991	350	01/01/1988	FV
PLRO	PAULARO (UD)	46.5489	13.1481	1410	01/01/1988	FV
TOPO	PIANA DI TOPPO (PN)	46.1987	12.817	258	25/03/2009	NI

<b>CODICE STAZIONE</b>	<b>LOCALITÀ</b>	<b>LAT</b>	<b>LON</b>	<b>QUOTA (M)</b>	<b>APERTA DAL</b>	<b>RETE</b>
SABO	SABOTINO MT. (GO)	45.9875	13.6336	575	21/03/2005	NI
TLI	TALMASSONS (UD)	45.9208	13.1033	-74	01/01/1988	FV
TEOL	TEOLO (PD)	45.3617	11.674	370	06/03/2003	FV
TRI	TRIESTE (TS)	45.709	13.7642	161	29/07/1963	FV/MN
VARN	VARNADA (COL)	45.9933	12.1048	1270	2006-11-16	NI
VINO	VILLANOVA GROTTA (UD)	46.256	13.281	608	01/08/1995	NI
ZOU	ZOUF PLAN (UD)	46.5575	12.9739	1896	17/10/1982	FV
ZOU2	ZOUF PLAN (UD)	46.5584	12.9729	1896	29/10/2007	NI

<b>CODICE STAZIONE</b>	<b>LOCALITÀ</b>	<b>A/D</b>	<b>SP</b>	<b>BB</b>	<b>ACC</b>
ACOM	ACOMIZZA (UD)	Q330		STS2	Epis. ES-T
ADRI	ADRIA (RO)	Mars88	LE-3Dlite		
AGOR	AGORDO (BL)	Q680		STS2	
AFL	ALPE FALORIA (BL)	Mars88	LE-3Dlite		
BALD	BALDO MT.(VR)	Q330		Trillium 40	Epis. ES-T
BAD	BERNADIA (UD)	Mars88 (x2)	LE-3Dlite		FBA23
BOO	BORDANO (UD)	Mars88	LE-3Dlite		Epis. ES-T
BUA	BUIA (UD)	Mars88	LE-3Dlite		
CAE	CANEVA (PN)	Mars88	LE-3Dlite		
CSM	CASERA MIMOIAS (UD)	Mars88	LE-3Dlite		
CSO	CASSO (PN)	Mars88	LE-3Dlite		
PRED	CAVE DEL PREDIL (UD)	Q330 HR		STS2	Epis. ES-T
CGRP	CIMA GRAPPA (UD)	Q330		STS2	Epis. ES-T
CIMO	CIMOLAIS (PN)	Q4120		STS2	Epis. ES-T
CLUD	CLUDINICO (UD)	Q330		Trillium 120	Epis. ES-T
COLI	COLLOREDO (UD)	Mars88	LE-3Dlite		
DRE	DRENCHIA (UD)	Mars88	LE-3Dlite		
FAU	FORCELLA AURINE (BL)	Mars88	LE-3Dlite		
FUSE	FUSEA (UD)	Q330		Trillium 40	Epis. ES-T
GAZZ	GAZZO VERONESE (VR)	Mars88	LE-3Dlite		
IESO	JESOLO (VE)	Mars88	LE-3Dlite		
LSR	LUSSARI (UD)	Mars88	LE-3Dlite		
MLN	MALNISIO (PN)	Mars88	LE-3Dlite		
MARN	MARANA (PN)	Q330		Trillium 40	
MPRI	MONTE PRAT (UD)	Mars88	LE-3Dlite		

<b>CODICE STAZIONE</b>	<b>LOCALITÀ</b>	<b>A/D</b>	<b>SP</b>	<b>BB</b>	<b>ACC</b>
MTLO	MONTELLO (BG)	Mars88	LE-3Dlite		
PLRO	PAULARO (UD)	Mars88	LE- 3Dlite		
TOPO	PIANA DI TOPPO (PN)	CMG-DM24		CMG-3ESPC	
SABO	SABOTINO MT. (GO)	Q330		STS2	Epis. ES-T
TLI	TALMASSONS (UD)	Mars88	Mark L4		
TEOL	TEOLO (PD)	Mars88	LE-3Dlite		
TRI	TRIESTE (TS)	Q4126		STS1	CMG-5T
VARN	VARNADA (COL)	Q330		Trillium 120	Epis. ES-T
VINO	VILLANOVA GROTTA (UD)	Q4120		CMG-3T	Epis. ES-T
ZOU	ZOUF PLAN (UD)	Mars88	LE-3Dlite		Epis. ES-T
ZOU2	ZOUF PLAN (UD)	Q330		Trillium 12	Epis. ES-T

## A.7 LA RETE SISMICA REGIONALE DELL'ITALIA NORD-OCCIDENTALE | RSNI

La RSNI [vedi Pasta et al. 2011 - in questo volume] è una rete sismica centralizzata in tempo reale composta da 30 stazioni periferiche dislocate lungo l'arco delle Alpi Occidentali, la Liguria e l'Appennino Nord-Occidentale. La rete sismica, equipaggiata con strumentazione ad alta dinamica a tre componenti permette di monitorare costantemente l'attività sismica dell'Italia Nord-Occidentale e di tutte le aree limitrofe. Per le sue caratteristiche strumentali e per la completezza delle informazioni raccolte, questa è la più vasta e più moderna rete sismica dipendente da una Università italiana.

La rete sismica ha codice "GU" (FDSN).

CODICE STAZIONE	UBICAZIONE	LAT	LON	QUOTA (M)	APERTA DAL
BACM	BACCANA (MS)	44.27833	10.07216	450	1998
BHB	BRICHERASIO (TO)	44.8417	7.2633	530.0	1990
CARM	CARDOSO (LU)	44.02616	10.48183	370	2006
CIRO	CIMETTA ROSSA (AO)	45.602	7.5681	2507	2009
CODM	CODOLO (MS)	44.39083	09.850	580	1999
ENR	ENTRAQUE (CN)	44.22666	07.42033	1040	1967
FENE	FENESTRELLE (TO)	45.0302	7.0627	1000.0	1996
FINB	FINALE LIGURE (SV)	44.1775	08.3253	85	2008
FIVI	FIVIZZANO (MS)	44.2393	10.1273	380	2006
GENL	GENOVA (GE)	44.4057	08.9697	80	1995
GRAM	GRAIANA (PR)	44.49133	10.06583	850	1999
IMI	IMPERIA (IM)	43.9105	07.8932	840	1983
LSD	LAGO DEL SERRÙ (TO)	45.4595	07.1343	2285	1985
MAIM	MASTIANO (LU)	43.91416	10.4915	210	2000
NEGI	SEBORGIA (IM)	43.84766	07.70383	640	1996
PCP	PIANCASTAGN(AL)	44.5413	08.54516	770	1989
POPM	POPIGLIO (PT)	44.0450	10.7570	440	2004
RORO	ROCCA ROSSA (SV)	44.11216	08.06616	260	2001
ROTM	ROCCHETTA TANARO (AT)	44.84933	08.35266	221	2001
RRL	ROCCA REMOLON (TO)	44.9208	06.7908	2130	1985
RSP	RENO SUP (TO)	45.1482	07.2653	1285	1986
PZZ	STROPPO (CN)	44.50683	07.116	1430	1985
SARM	SASSOROSSO (LU)	44.18416	10.401	1030	1998
SATI	PASSO SALATI (AO)	45.8753	7.8685	3005	2009
SC2M	SCURTABÒ (SP)	44.40433	09.53433	664	2005
STV	SANT'ANNA DI VALDIERI (CN)	44.2455	07.326	930	1966
TRAV	TRAVERSELLA (TO)	45.51266	07.747	990	1996
VALM	VALBONA (PR)	44.34900	10.24716	790	1999
VINM	VINCA (MS)	44.14116	10.15216	737	1999

## A.8 LA RETE SISMICA DELLA CALABRIA

La rete sismica gestita dall'Università della Calabria, consta delle seguenti 14 stazioni:

<b>CODICE STAZIONE</b>	<b>LOCALITÀ</b>	<b>LAT</b>	<b>LON</b>	<b>QUOTA (M)</b>
ACI	ARCAVACATA DI RENDE (CS)	39.35900	16.22683	270
BAGN	BAGNARA (RC)	38.29553	15.81794	321
CNDF	CONDOFURI (RC)	38.00324	15.85715	357
COR2	CORIGLIANO (CS)	39.57069	16.51532	668
CSI	CASSANO JONIO (CS)	39.78447	16.29325	661
CUP2	CUPONE (CS)	39.38343	16.54819	1241
LADO	SAN NICOLA DELL'ALTO (KR)	39.28398	16.97949	488
MC22	MOCCHONE (CS)	39.34273	16.42520	1377
MMN	MORMANNO (CS)	39.89091	15.99041	921
ROI	ROSSANO (CS)	39.57178	16.56922	605
SAI2	SANT'ANDREA JONIO (CZ)	38.62562	16.52439	391
SCOI	COSENZA (CS)	39.31200	16.25600	200
SIMO	CETRARO (CS)	39.51501	15.94423	238
SMIN	SAN MINÀ (CZ)	38.97298	16.22825	591





**Coordinamento editoriale e impaginazione**

Centro Editoriale Nazionale | INGV

**Progetto grafico e redazionale**

Daniela Riposati | Laboratorio Grafica e Immagini | INGV

© 2011 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**