



**Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia  
Osservatorio Vesuviano**

## **RETE TILTMETRICA DELL'AREA NAPOLETANA**

*Ida Aquino, Ciro Ricco, Carlo Del Gaudio*

**Open File Report n° 4 - 2006**

Osservatorio Vesuviano  
Via Diocleziano 328, 80124 Napoli (Italia)  
Tel: +39 0816108300 – Fax :+39 0816108351

## INDICE

1	Introduzione	pag. 3
2	Generalità sulle misure di inclinazione	pag. 3
3	Evoluzione della strumentazione inclinometrica utilizzata nell'area flegreo-vesuviana e risultati ottenuti	pag. 4
4	Localizzazione della rete tiltmetrica, caratteristiche dei siti e strumentazione utilizzata	pag. 5
5	Sensori e loro caratteristiche	pag. 14
6	Centraline di acquisizione e loro caratteristiche	pag. 16
7	Trasmissione dati	pag. 17
8	Elaborazione dati	pag. 21
9	Bibliografia	pag. 23

# RETE TILTMETRICA DELL'AREA NAPOLETANA

*Ida Aquino, Ciro Ricco, Carlo Del Gaudio*

INGV-OV, Unità funzionale di Geodesia, Via Diocleziano 328, 80124 Napoli. e-mail: aquino@ov.ingv.it

## 1 Introduzione

Tra i vari metodi di misura in continuo della deformazione del suolo nelle aree vulcaniche e sismogenetiche attive, la *tiltmetria* assume un posto di rilievo in quanto permette di monitorare le variazioni di inclinazione nel tempo sia in ampiezza che in direzione.

La conoscenza della componente angolare della deformazione, oltre a consentire il completamento del tensore di deformazione nelle sue componenti non diagonali (la traccia del tensore, com'è noto, può essere invece misurata da un dilatometro) e quindi offrire un dato disponibile per la modellazione del campo deformativo, a livello pratico fornisce un parametro subito utilizzabile per integrare l'inclinazione del suolo calcolata su di un'area in abbassamento o sollevamento (ad es. Campi Flegrei) tra i vari capisaldi appartenenti ad una rete di livellazione e distribuiti omogeneamente su di essa (Ricco et al., 2005).

Il monitoraggio tiltmetrico può essere quindi un ottimo strumento di comprensione della cinematica della porzione litosferica superficiale di un'area vulcanica; anche se i dati registrati danno una informazione in relazione al sito di misura, lo studio di lunghe serie temporali (dell'ordine degli anni) che non può comunque prescindere dal confronto con i dati derivanti da altre metodologie di tipo geodetico (livellazioni di precisione, GPS, SAR etc.) si pone come obiettivo l'incremento delle conoscenze sulla geometria e sulla velocità di deformazione dell'area in studio (Ricco et al., 2000).

La rete di monitoraggio tiltmetrico appartenente all'Osservatorio Vesuviano – INGV, utilizza stazioni dislocate al Vesuvio ed ai Campi Flegrei.

## 2 Generalità sulle misure di inclinazione

Le informazioni ottenute dallo studio dei segnali tiltmetrici hanno un vasto campo di applicazione che va dal controllo strutturale di grandi opere ingegneristiche (dighe, ponti) allo studio delle marea crostale, passando attraverso il monitoraggio delle aree vulcaniche. Per ogni specifica applicazione sono disponibili sul mercato strumenti a volte diversi tra loro per principio di funzionamento, range di sensibilità, accuratezza, precisione ecc.

Per quanto concerne lo studio dei vulcani, l'accuratezza nel rilievo delle variazioni di pendenza dei suoi fianchi è sostanzialmente legata sia alla geometria della rete che alla scelta della sensoristica la cui risoluzione deve essere adeguata all'entità della deformazione che ci si aspetta.

Normalmente, laddove è possibile, si tende ad installare i sensori simmetricamente rispetto al cratere per rilevare anomalie nella deformazione azimutale o anche sfalsati per stimare la profondità della sorgente di deformazione (spesso dicchi), tenendo comunque presente che la massima pendenza dei

fianchi è mediamente localizzata ad una distanza uguale alla metà della profondità della sorgente stessa.

L'utilizzo dei tiltmetri nella definizione del pattern di deformazione del suolo deve essere effettuato con grande attenzione, in quanto tali strumenti sono molto sensibili alle variazioni di temperatura. Il trasferimento di calore dall'aria al suolo e la radiazione solare diretta riscaldano il terreno sia in superficie che in prossimità della stessa (anche fino ad 1 m di profondità nel caso di terreni non consolidati) durante il giorno e la temperatura media superficiale eguaglia in media quella dell'aria. Queste variazioni di temperatura generano un effetto di primo ordine sui tiltmetri da superficie e di secondo ordine su quelli da pozzo (borehole), specialmente in presenza di eterogeneità del mezzo.

Per ovviare a tale inconveniente i sensori, anche quelli da superficie, sono comunemente installati o in grotte oppure in pozzetti poco profondi, in maniera tale da limitare le escursioni termiche. L'installazione ottimale è comunque in fori profondi almeno venti metri.

### **3 Evoluzione della strumentazione inclinometrica utilizzata nell'area flegreo-vesuviana e risultati ottenuti**

Dalla bibliografia esistente risulta che già nel 1935 venivano effettuate dall'Osservatorio Vesuviano misure inclinometriche al Vesuvio (Imbò, 1939) mentre ai Campi Flegrei fu installata nell'Aprile 1970 dall'Istituto di Geodesia e Geofisica dell'Università di Trieste una rete di quattro stazioni clinografiche per seguire la deformazione del suolo indotta dal bradisismo del 1970-1972 (Manzoni, 1972).

Nel 1968 fu invece installata nella stazione sismica dell'Istituto di Fisica Terrestre dell'Università di Napoli una coppia di pendoli orizzontali del tipo Verbaandert-Melchior (Lo Bascio - Quagliariello, 1968) da utilizzare come stazione di confronto dei dati inclinometrici acquisiti da altre stazioni previste alla base del Gran Cono del Vesuvio (Imbò, 1959).

Le livelle collocate nel 1935 da Imbò sul pilastro sismico dell'Osservatorio Vesuviano (con registrazione su carta affumicata) ed orientate rispettivamente in direzione N70°W-S70°E e N20°E-S70°W permisero di seguire la deviazione apparente della verticale dall'Ottobre 1935 al Gennaio 1939, periodo in cui furono osservati dallo stesso Imbò cinque intervalli eruttivi (attività stromboliana sul fondo del cratere) caratterizzati da fratturazione del conetto intracraterico e generazione di flussi lavici. Egli notò un parallelismo inverso tra direzione dei flussi e deviazione della verticale che lo portò a dedurre una correlazione diretta tra inclinazione apparente dell'edificio vulcanico a SSW ed abbassamento della colonna eruttiva e tra inclinazione a NNE e sollevamento della stessa.

Le stazioni clinografiche funzionanti ai Campi Flegrei agli inizi del 1970 erano invece dotate ognuna di una coppia di pendoli orizzontali a sospensione bifilare ed orientati rispettivamente in direzione N-S ed E-W.

I dati registrati nel periodo Aprile-Giugno 1970 evidenziarono il sollevamento del suolo in una zona interna a N di Pozzuoli nonché un abbassamento nel Golfo tra Baia e Pozzuoli mentre i dati successivi al Giugno di quell'anno furono interpretati come il prodotto di una generale instabilità dell'area deformata.

Per quanto riguarda gli anni più recenti, nel 1987 fu realizzata ai Campi Flegrei una rete inclinometrica in collaborazione con l'Institut de Physique du Globe di Parigi che fornì la strumentazione. Ogni stazione era costituita da due sensori ottici sensibili lungo due direzioni ortogonali. Fu utilizzato il modello a sospensione bifilare di Zollner realizzato da P.A. Blum presso l'I.P.G. di Parigi (Aste et al., 1986).

La prima stazione di questo tipo (chiamata DMB) fu installata alla fine del 1985 a Pozzuoli in un tunnel del Deposito Marina Militare situato a circa 20 m al di sotto del piano campagna (p.c.); la seconda (BAI) fu posizionata nell'Aprile 1986 in una grotta del Castello di Baia, mentre altre due stazioni furono installate nell'Ottobre 1987 sempre a Pozzuoli (DMA e DMC) lungo una direttrice NS rispettivamente a S e a N di DMB.

I segnali analogici registrati nell'intervallo  $-5V$   $+5V$  venivano digitalizzati attraverso un convertitore A/D inizialmente a 8 bit e successivamente a 12 bit (con conseguente aumento di risoluzione) e memorizzati su ram.

L'interpretazione dei dati acquisiti permise di evidenziare nel primo semestre 1989 l'inversione nella fase discendente del suolo che durava dal 1985; essa fu poi confermata da misure di livellazione effettuate nell'area e che permisero di stimare un sollevamento di 74 mm a Pozzuoli. (Ricco et al., 1991).

La difficoltà nel reperimento della componentistica dei sensori ottici e l'esigenza di teletrasmettere i dati acquisiti ma anche i risultati incoraggianti ottenuti dal monitoraggio inclinometrico costituirono i motivi per orientarsi verso una nuova rete completamente automatica.

Tra il 1991 ed il 1992 furono quindi sostituite progressivamente tutte le stazioni con apparecchiature più moderne e sensori elettronici, questi ultimi più maneggevoli dei precedenti e facilmente reperibili sul mercato.

Nel 1993 si cominciò a monitorare il Vesuvio installando una stazione tiltmetrica nella galleria della Sede Storica dell'Osservatorio Vesuviano ad Ercolano (OVO), seguita nel 1996 da altre due stazioni collocate rispettivamente a Trecase, nella Caserma della Forestale (TRC) ed a Torre Del Greco, in località Camaldoli (CMD).

Nell'Aprile del 2002 e nel Dicembre 2003 furono posizionate due nuove stazioni, attrezzate con sensori borehole, in località Toiano (TOI) ed Arcofelice (ARC). Nei primi mesi del 2006 è stata inoltre installata la stazione OLB in una galleria in prossimità di via Napoli a Pozzuoli.

#### **4 Localizzazione della rete tiltmetrica, caratteristiche dei siti e strumentazione utilizzata**

L'attuale configurazione comprende:

- ✓ 7 stazioni in registrazione continua (DMA, DMB, DMC, BAI, TOI, ARC e OLB), equipaggiate con 7 sensori da superficie e 2 borehole, per il monitoraggio dell'area flegrea (**fig. 1**)
- ✓ 3 identiche stazioni (OVO, CMD e TRC) equipaggiate con 3 sensori da superficie per il controllo di quella vesuviana (**fig. 2**).

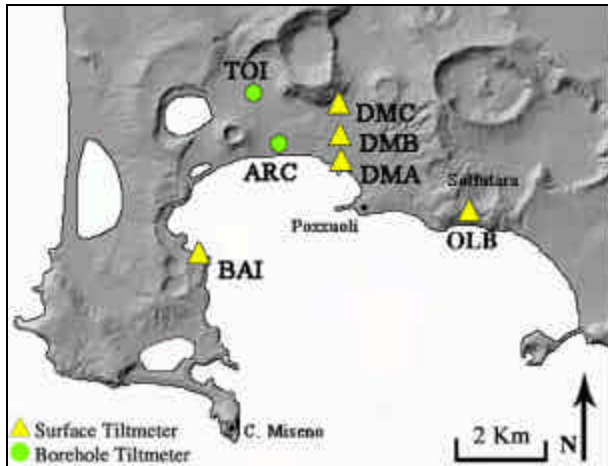


fig. 1

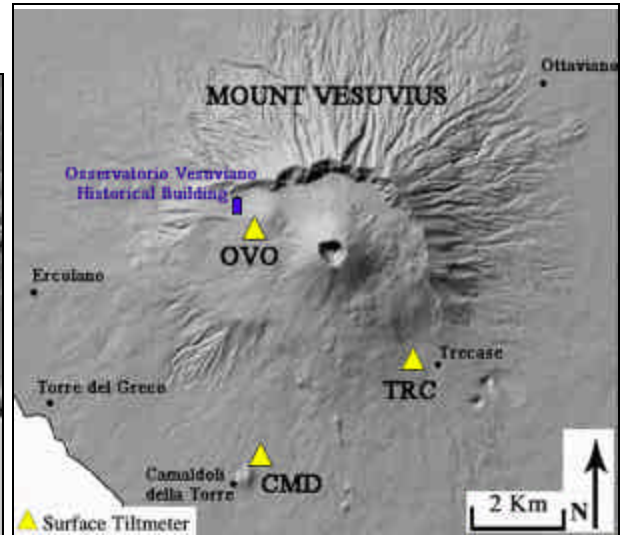


fig.2

✓ Le prime tre stazioni flegree (DMA, DMB e DMC) sono ubicate nel sito denominato DEM (DEManio della Marina Militare) (fig. 3) a via Campana rispettivamente a 1.57, 1.84 e 2.05 km a NNW dall'area di massimo sollevamento.

Si tratta di una galleria lunga circa 800 m e profonda da 13 a 22 m che dal lato mare raggiunge lo stabilimento industriale SOFER per poi allontanarsi perpendicolarmente alla linea di costa (fig. 4).



fig. 3

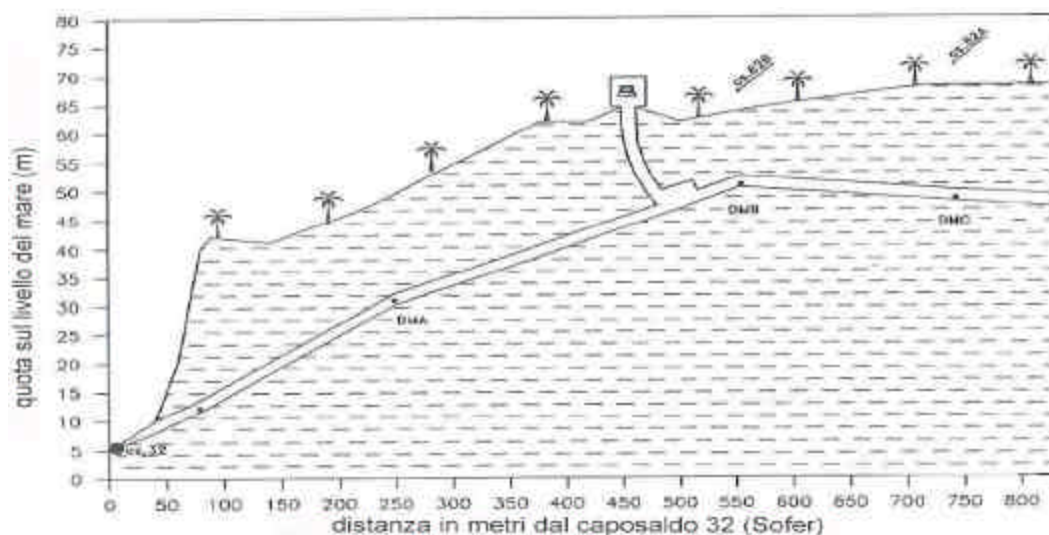


fig. 4

Esse furono installate nel Marzo 1991 ed attrezzate con tiltmetri da superficie; il campionamento dei dati era programmato ogni 30 minuti su segnale analogico mediato, mentre l'acquisizione a 12 bit avveniva in formato esadecimale e la teletrasmissione via cavo telefonico. Nel 2004 sono state sostituite le unità di acquisizione e riprogrammate le fasi di digitalizzazione dei segnali (il passo di campionamento è passato a 5 minuti), memorizzazione su datalogger e trasmissione all'O.V.

- La stazione DMA (fig. 5) è situata a 18 m di profondità dal p.c., 30 m di altezza s.l.m. e dista circa 250 m dalla costa.



fig. 5

- La stazione DMB (**fig. 6**) è situata a 13.5 m di profondità dal p.c., 50 m di altezza s.l.m. e dista circa 550 m dalla costa.



fig. 6

- La stazione DMC (**fig. 7**) è situata a 20.5 m di profondità dal p.c., 48 m di altezza sul livello del mare e dista circa 750 m dalla costa.





fig. 7

✓ La stazione flegrea BAI (**fig. 8**) fu installata nel Giugno 1992 ed attrezzata con un tiltmetro da superficie; il campionamento dei dati era programmato ogni 30 minuti su segnale analogico mediato, mentre l'acquisizione a 12 bit avveniva in formato decimale e la teletrasmissione via cavo telefonico. Nel Luglio 2003 è stata sostituita la centralina di acquisizione riprogrammando le fasi di digitalizzazione dei segnali (il passo di campionamento è passato a 5 minuti), memorizzazione su datalogger e trasmissione all'O.V.

L'apparecchiatura ed il sensore sono ubicati all'estremità della cisterna romana costruita 30 m sotto il Castello di Baia, lunga 25 m ed il cui ingresso è posto a 35 m di altezza s.l.m. in località Baia, 4.04 km a WSW dall'area di max sollevamento.



fig. 8

✓ La stazione flegrea TOI (**fig. 9**) è stata realizzata nell'Aprile 2002, attrezzata con un tiltmetro borehole ubicato in un pozzo (con diametro di 25 cm e profondo 8 m) e programmata per il campionamento ogni 5 minuti, memorizzazione su datalogger e trasmissione dati via cavo telefonico al centro di monitoraggio dell'O.V. Nel Novembre 2003 è stato installato un tiltmetro di superficie (TOIS) ad 1 m di profondità.

Il sito stazione è ubicato a 25.5 m s.l.m. in prossimità della sede della Biblioteca Comunale in località Toiano, 3.65 km a WNW dall'area di max sollevamento.



fig. 9

✓ La stazione flegrea ARC (**fig. 10**) è stata realizzata nel Dicembre 2003, attrezzata con un tiltmetro borehole ubicato in un pozzo (con diametro di 25 cm e profondo 6 m) nonché un tiltmetro di superficie (ARCS) e programmata per il campionamento ogni 5 minuti, memorizzazione su datalogger e trasmissione dati via cavo telefonico al centro di monitoraggio dell'O.V.

Il sito è ubicato a 2.7 m s.l.m. nel cortile della Scuola Media Comunale in località Arcofelice, 2.61 km a WNW dall'area di max sollevamento.



fig. 10

✓ L'ultima stazione flegrea OLB (**fig. 11**) è stata installata nel Marzo 2006, attrezzata con un tiltmetro da superficie e programmata per il campionamento ogni 5 minuti, memorizzazione su datalogger e trasmissione dati via cavo telefonico al centro di monitoraggio dell'O.V.

Le apparecchiature sono collocate in un pozzetto profondo 1 m e distante 150 m dall'ingresso della galleria ex SEPSA di Monte Olibano, 1.53 km a ESE dall'area di max sollevamento ed a 90 m dalla costa.



fig. 11

✓ La prima stazione vesuviana OVO (**fig. 12**) fu installata nel Febbraio 1992 ed attrezzata con un tiltmetro da superficie; il campionamento dei dati era programmato ogni 10 minuti su segnale analogico mediato, mentre l'acquisizione a 12 bit avveniva in formato decimale e la teletrasmissione via cavo telefonico.

Nel novembre 2002 è stata sostituita la centralina di acquisizione riprogrammando le fasi di digitalizzazione dei segnali (il passo di campionamento è passato a 5 minuti), memorizzazione su datalogger e trasmissione all'O.V.

Il sito è ubicato nel bunker della Sede Storica dell'Osservatorio Vesuviano ad Ercolano, a 35 m di profondità dal p.c., a 608 m s.l.m. e 2.5 km a WNW dal cratere.



fig. 12

✓ La stazione vesuviana CMD (**fig. 13**) fu installata nel Giugno 1996 ed attrezzata con un tiltmetro da superficie; il campionamento dei dati era programmato ogni 10 minuti su segnale analogico mediato, mentre l'acquisizione a 12 bit avveniva in formato esadecimale e la teletrasmissione via cavo telefonico.

Nel Settembre 2003 è stata sostituita la centralina di acquisizione e sono state riprogrammate le fasi di digitalizzazione dei segnali (il passo di campionamento è passato a 5 minuti), memorizzazione su datalogger e trasmissione all'O.V. Oltre ai segnali tiltmetrici e termico, viene registrata anche la pressione atmosferica; nel sito è inoltre alloggiato anche un sensore per il controllo delle variazioni piezometriche della falda acquifera.

Le apparecchiature sono collocate in prossimità dell'acquedotto vesuviano in località Cupa dei Camaldoli (Torre del Greco) in un pozzetto profondo 2 m dal p.c. a 120 m s.l.m., 5 km a SSW dal cratere.



fig. 13

✓ L'ultima stazione vesuviana TRC (**fig. 14**) fu installata nel Marzo 1996 ed attrezzata con un tiltmetro da superficie; il campionamento dei dati era programmato ogni 10 minuti su segnale analogico mediato, mentre l'acquisizione a 12 bit avveniva in formato esadecimale e la teletrasmissione via cavo telefonico.

Nel Novembre 2002 è stata sostituita la centralina di acquisizione e sono state riprogrammate le fasi di digitalizzazione dei segnali (il passo di campionamento è passato a 5 minuti), memorizzazione su datalogger e trasmissione all'O.V. Le apparecchiature sono collocate in prossimità della Caserma Forestale di Trecase in una cantinola situata a livello del p.c. a 150 m s.l.m. e 2.5 km a SSE dal cratere.



Fig. 14

## 5 Sensori e loro caratteristiche

Ogni stazione è equipaggiata con tiltmetri elettronici biassiali con trasduttori a bolla della Applied Geomechanics mod. 702 da superficie (**fig. 15**) e mod. 722 borehole (**fig. 16**); essi misurano variazioni di inclinazione del suolo dell'ordine di  $0.1 \mu\text{rad}$ , lungo direzioni ortogonali X e Y e sono corredati da un sensore termico (AGI, 1989; AGI, 1997)

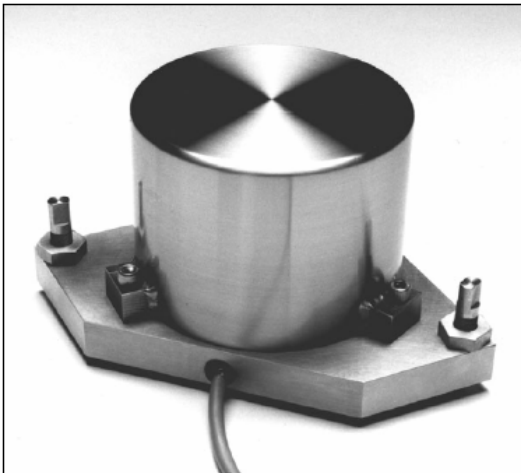


fig. 15



fig. 16

I trasduttori sono costituiti da un tubicino di vetro (per ogni asse) chiuso agli estremi da tre elettrodi e che contiene un fluido elettrolitico. Il tubicino è inserito in un circuito elettrico a ponte; l'inclinazione dei sensori in una determinata direzione viene scomposta secondo i due assi ortogonali di sensibilità, sbilanciando il ponte e generando una variazione di tensione.

Il mod. 702 (**figg. 17a e 17b**) è costituito da un contenitore di acciaio inox per una maggiore resistenza ambientale sia agli agenti fisici che chimici, è sigillato e sommergibile ed al suo interno è collocata l'elettronica (trasduttori e sensore di temperatura) nonché gli switch per il controllo del guadagno e l'attivazione del filtro passa-basso.

Il sensore ha un aspetto subtriangolare ed è appositamente realizzato per una facile e rapida installazione; sulla sua superficie inferiore sono innestati 3 piedini anch'essi in acciaio inox che ne consentono il posizionamento su una superficie orizzontale e priva di asperità. In corrispondenza di tali piedini vi sono 3 viti micrometriche sulle quali si agisce durante la fase di messa in bolla.

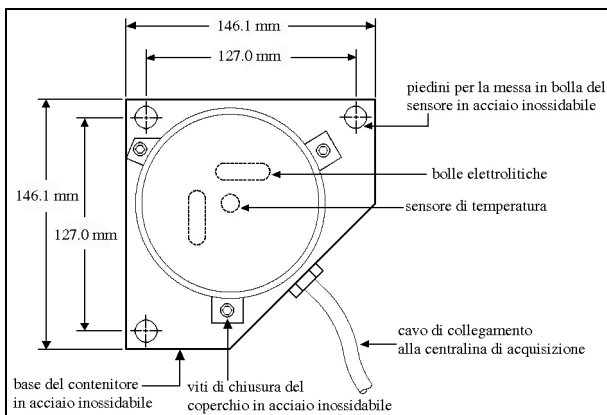


fig. 17a

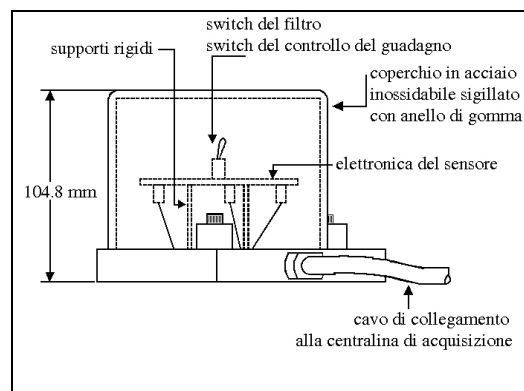


fig. 17b

Il mod. 722 (**figg. 18a e 18b**) consiste in un cilindro di acciaio inox che contiene alla sua base due sensori di inclinazione e il sensore di temperatura. L'alimentazione e le uscite dei segnali sono collocate in un box esterno e collegate al tiltmetro tramite un cavo impermeabile rinforzato in acciaio. Il box contiene anche gli switch per il controllo del guadagno e l'attivazione del filtro passa-basso.

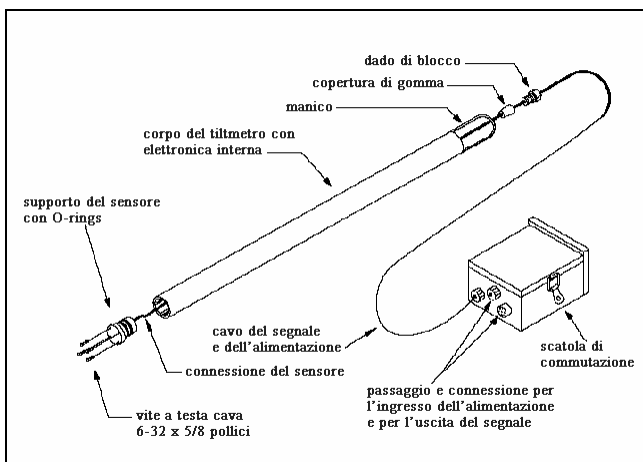


fig. 18a

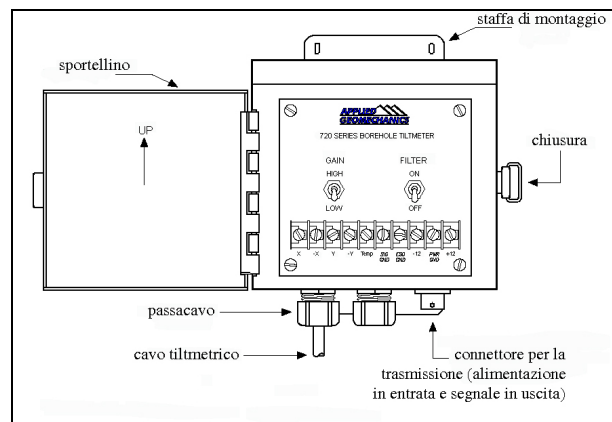


fig. 18b

I sensori A.G.I. (mod. 702 e 722) hanno un range di misura di  $\pm 800 \mu\text{rads}$  in alto guadagno (H.G.) e di  $\pm 8000 \mu\text{rads}$  in basso guadagno (L.G.), una risoluzione di  $0.1 \mu\text{rads}$ , una sensibilità di  $10\text{mV}/\mu\text{rads}$ , una ripetibilità di  $1 \mu\text{rad}$ , una massima non linearità del 1% (H.G.) e 3% (L.G.).

Com'è noto, la *risoluzione* rappresenta la minima variazione angolare che lo strumento riesce a misurare mentre la *sensibilità* è data dal rapporto tra la variazione della risposta strumentale e quella angolare. Il settaggio in alto guadagno aumenta la sensibilità e di conseguenza la qualità dell'informazione sulle variazioni di tilt anche se riduce il range di misura, ciò però non costituisce una limitazione nel caso in cui le aree vulcaniche monitorate non sono soggette a grandi deformazioni.

La *ripetibilità* indica il grado di scostamento tra più misure riferite alla medesima grandezza angolare e può essere paragonata all'errore assoluto sulla misura stessa. La *massima non linearità* è costituita invece dal rapporto tra il massimo residuo  $(y_i^{\text{max}} - \hat{y}_i)$  ottenuto durante la taratura del sensore (che consiste nella registrazione su una apposita piastra di taratura a temperatura costante delle tensioni in uscita dal sensore sottoposto ad un range di inclinazioni conosciute) e l'intero range angolare di calibrazione. Il coefficiente angolare della retta di taratura fornisce il cosiddetto *fattore di scala*  $SF_{\text{cal}}$  (espresso in  $\mu\text{rads}/\text{mV}$ ) (AGI, 1998).

## 6 Centraline di acquisizione e loro caratteristiche

Come unità di acquisizione dati è stato scelto il mod. 798-A **HANDI-LOGGER** della Geomechanics, equipaggiato con un datalogger CR10X che può leggere fino a 12 canali in modalità single-ended o 6 in differenziale (**figg. 19a e 19b**). Esso contiene anche il modem, il cavo di alimentazione esterna, la batteria e la porta seriale per il collegamento diretto. Il datalogger converte (A/D) e memorizza i segnali in uscita da ogni sensore mentre il modem provvede all'invio dei dati al Centro di Sorveglianza dell'O.V.; tali operazioni sono gestite dai software LOG-A-C data-logger che provvede a memorizzare i dati acquisiti e PC208W Datalogger Support che permette invece il trasferimento dati (AGI, 2001)



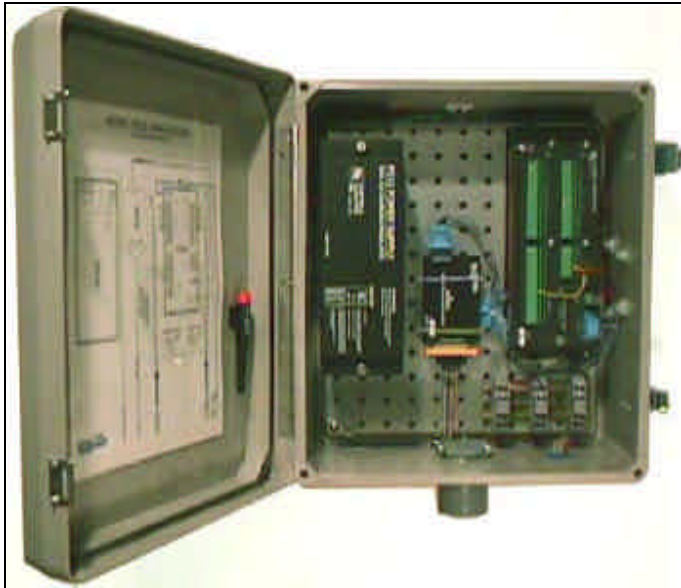


Fig. 19a

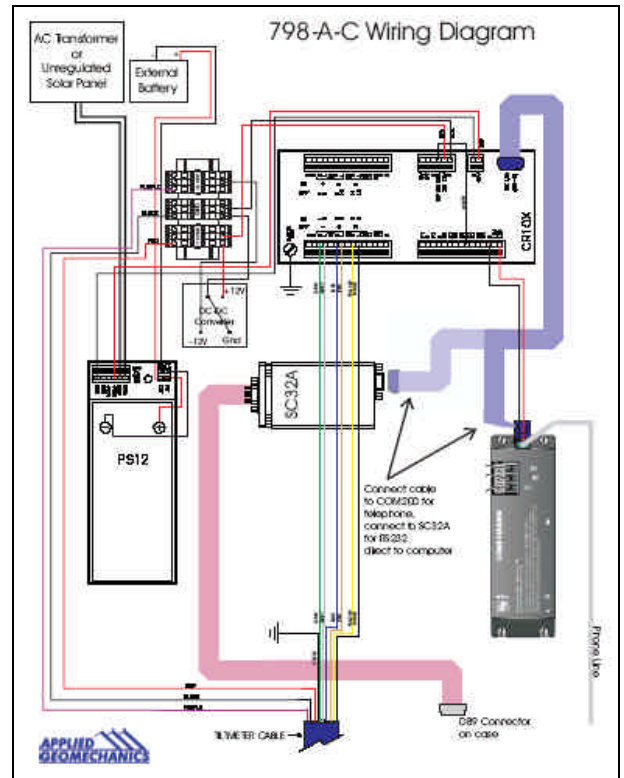


Fig. 19b

## 7 Trasmissione dati

L' Handi-Logger è predisposto per l'acquisizione dei segnali di due tiltmetri biassiali ma può collegarsi attraverso un multiplexer ad altri tipi di sensori come termocoppie, misuratori di strain, piezometri. I segnali campionati vengono trasmessi via modem all'O.V., archiviati nel server e inviati ad una postazione per la pre-elaborazione, successivamente anche questi ultimi sono inviati al server ed ivi archiviati (fig. 20).

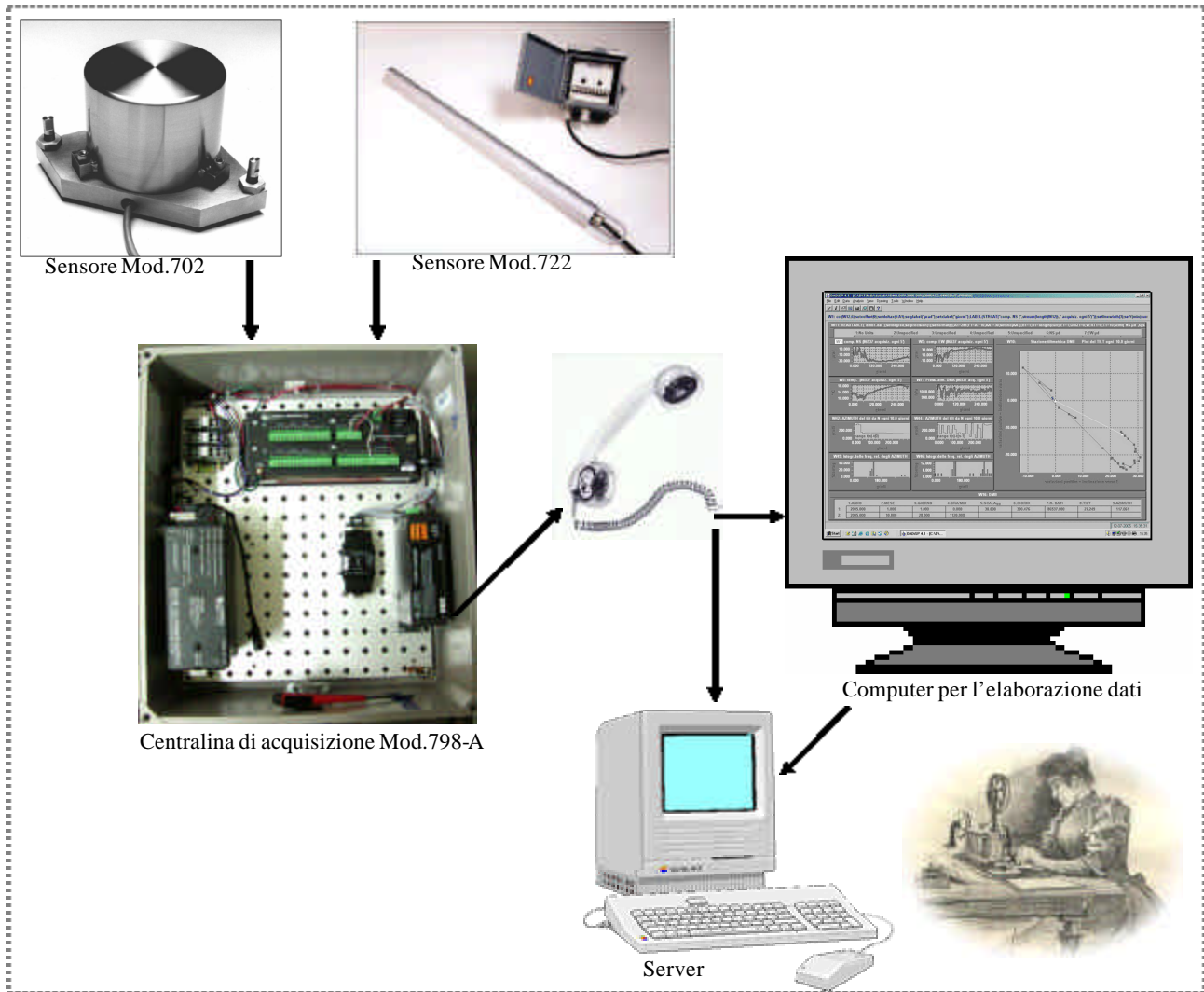


fig. 20

I data-file trasmessi al server hanno il seguente formato:

NA,ID, V, Year, Day,Time,X,Y,Temperature,P

- |             |   |
|-------------|---|
| NA          | numero dell'array (varia a seconda della stazione)                |
| ID          | identificativo del sensore  |
| V           | tensione (in V) della batteria                                    |
| Year        | anno in 4 cifre   |
| Day         | giorno giuliano (da 1 a 365/366)                                  |
| Time        | ora/minuti espresso in 4 cifre (es: 12:40 → 1240)                 |
| X           | variazione di inclinazione lungo la componente X (espressa in mV) |
| Y           | variazione di inclinazione lungo la componente Y (espressa in mV) |
| Temperature | temperatura (espressa in °C).                                     |
| P           | pressione atmosferica laddove presente (in hPa)                   |

Sia la comunicazione con la centralina di acquisizione che il trasferimento dati avvengono attraverso il software PC208W Datalogger Support Software (**fig. 21**).

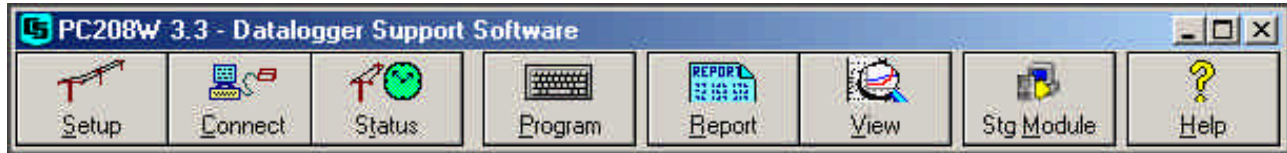


fig. 21

Il tasto “Setup” (**fig. 22**) permette di effettuare il collegamento diretto tra centralina e computer attraverso la porta seriale COM3 (DIRECT connection) oppure lo scarico dati via modem attraverso la porta seriale COM1 (PHONE connection). Tutte le stazioni possono connettersi in automatico e accodare il file giornaliero predisposto nella cartella “Data Collection”.

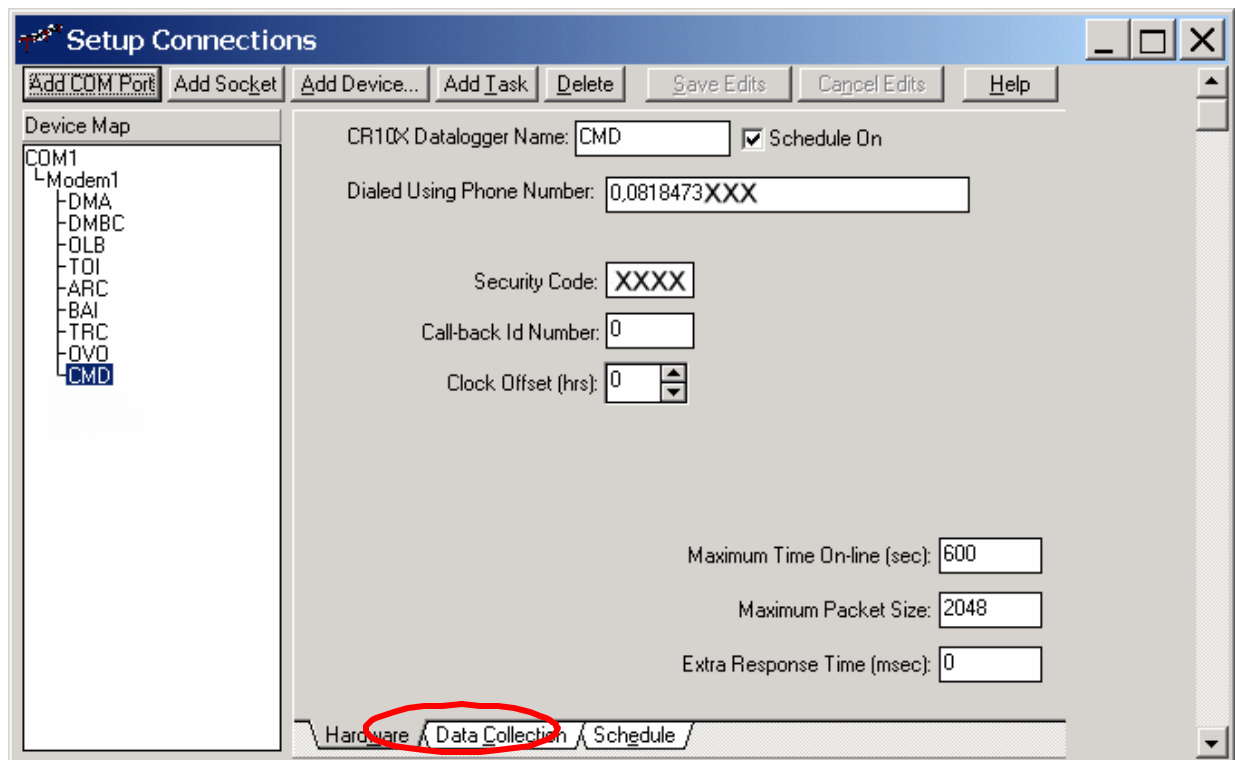


fig. 22

Cliccando sulla barra del menu il tasto “Connect”/”Disconnect” (**fig. 23**) si ha l’elenco di tutte le stazioni disponibili per il collegamento (Station List) e si stabilisce la connessione con la centralina richiesta. Questa operazione permette di:

1. inviare al datalogger il programma della relativa stazione precedentemente modificato (tasto Send);
2. effettuare lo scarico dati (tasto Collect);
3. controllare il funzionamento della centralina visualizzando sia i dati numerici della configurazione residente nel programma che le letture dello strumento (tasto Numeric);
4. graficare fino a tre segnali (Graphs);
5. effettuare il controllo data/ora.



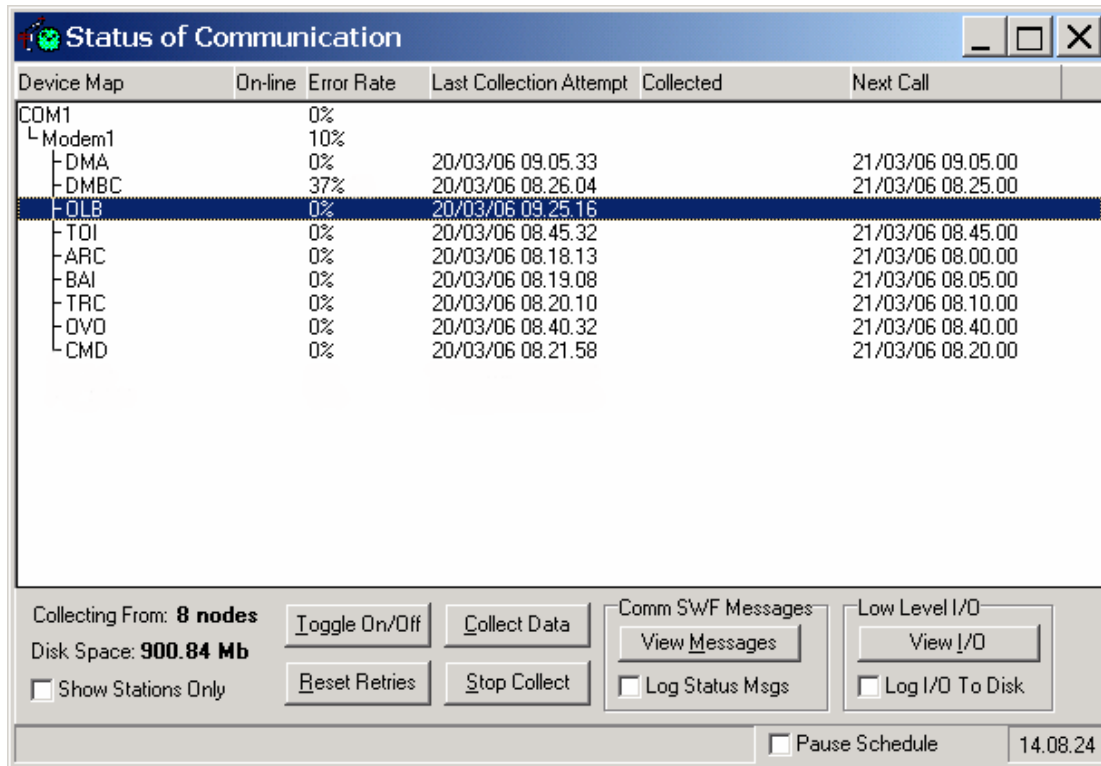


fig. 24

## 8 Elaborazione dati

I dati raw trasmessi dalle stazioni al centro di monitoraggio vengono elaborati con frequenza quasi giornaliera attraverso vari step di elaborazione (fig. 25) utilizzando un software grafico interattivo sviluppato dalla DSP Development Corporation.

Per ogni stazione viene effettuato un procedimento così schematizzato:

1. accodamento file giornaliero
2. conversione mV/ $\mu$ rad
3. correzione dei segnali depurandone il contributo dovuto a rumore e deriva termica strumentale
4. rappresentazione grafica dei segnali acquisiti e corretti
5. odogramma del vettore inclinazione apparente
6. rappresentazione delle componenti spettrali dei segnali
7. stima statistica dal contributo dovuto all'espansione termica del suolo e decorrelazione dei segnali tiltmetrici
8. rappresentazione grafica delle componenti NS e EW corrette
9. odogramma del vettore inclinazione decorrelato
10. spettrogramma

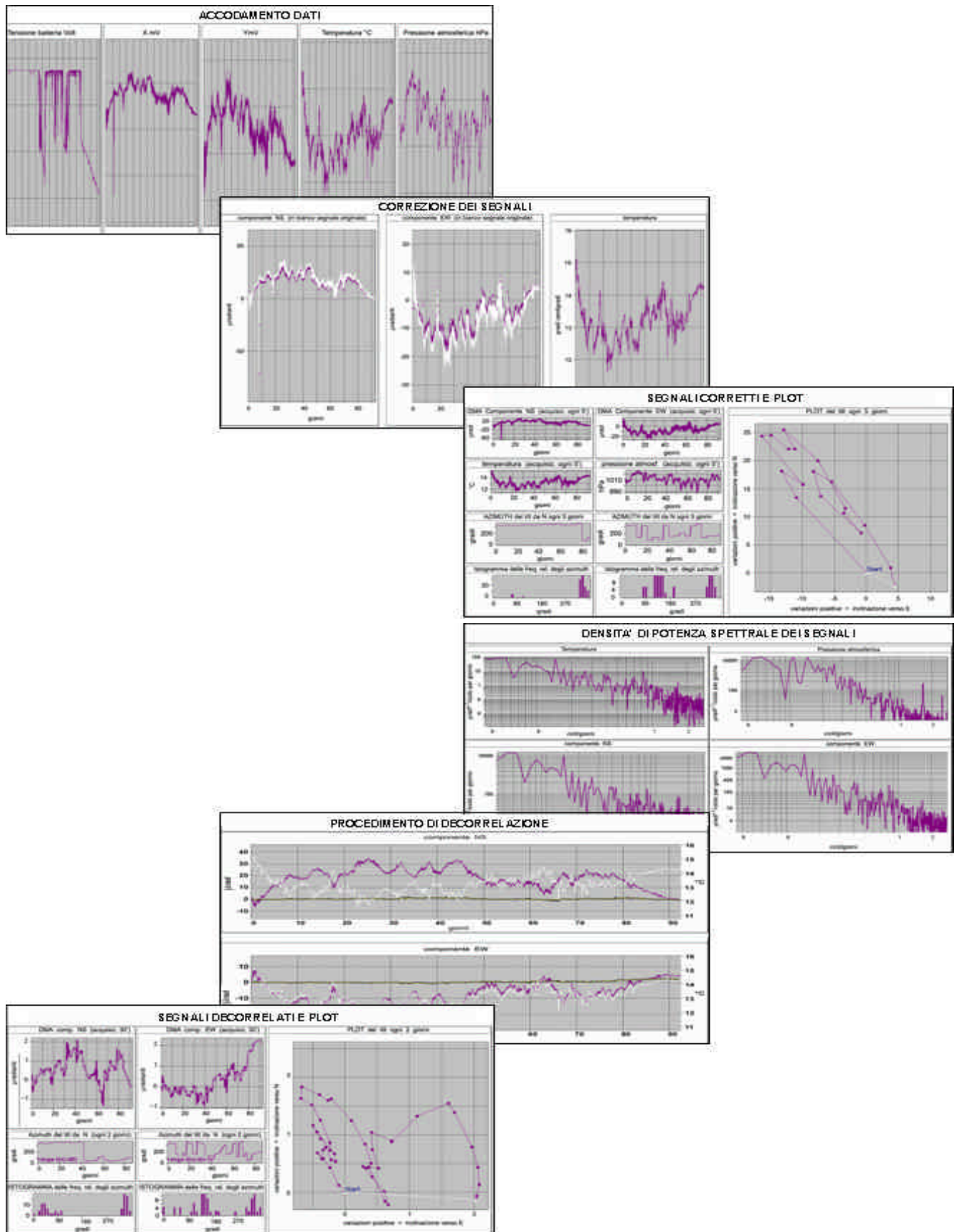


fig. 25

## 9 Bibliografia

AGI Applied Geomechanics Incorporated (1999): Model 722 Borehole Tiltmeter, *Manual n. B-91-1004*.

AGI Applied Geomechanics Incorporated (2001): Model 798-A Handi-Logger User's Manual Telephone Telemetry Option, *Manual n. B-01-1008*.

AGI Applied Geomechanics Incorporated (2005): 700 Series Platform and Surface Mount Tiltmeters, *Manual n. B-88-1016*.

ASTE J.P., BLUM P.A., BORDES J.L., MEMIER B., SALEH B. (1986): Utilisation d'un clinometre à très haute resolution pour l'étude du comportement des ouvrages de génie civil, in *Revue française de geotechnique*, 34.

IMBÒ G. (1939): Oscillazioni dell'edificio vulcanico concomitanti le recrudescenze eruttive del vulcano, in *Rendiconti della R. Accademia Nazionale dei Lincei*, XXIX.

IMBÒ G. (1959): Oscillazioni a periodo semidiurno lunare nell'attività eruttiva vesuviana, in *Atti dell' 8° Convegno A.G.I.*

LO BASCIO A., QUAGLIARIELLO M.T. (1968): Risultati ottenuti dallo studio della deviazione apparente della verticale alla stazione di Napoli, in *Atti del 17° Convegno A.G.I.*, 440-457.

MANZONI G. (1972): Misure clinometriche, in *CNR Quaderni de La Ricerca Scientifica*, 83,198-208.

RICCO C., DEL GAUDIO C., OBRIZZO F., LUONGO G. (1991): Misurazioni delle variazioni delle inclinazioni del suolo ai Campi Flegrei, in *Atti del 10° Convegno annuale G.N.G.T.S.*, 1003-1012.

RICCO C., DEL GAUDIO C., QUARENI F., MARZOCCHI W. (2000): Spectral analysis of the clinometric data at the Phlegraean Fields from 1992 to 1998, in *Annali di Geofisica*, 43, n.5, 939-950.

RICCO C., AQUINO I., BORGSTROM S., DEL GAUDIO C., RICCIARDI G.P., TIZZANI P. (2005): Recent evolution of ground deformation at Campi Flegrei detect by continuous monitoring system via tiltmetric techniques and comparison with high precision levelling, in *Riassunti Estesi delle Comunicazioni del 24° Convegno G.N.G.T.S.*, 101-104.