

LA RETE DI MONITORAGGIO GPS PERMANENTE LUNGO LE FAGLIE DI S. TECLA-LINERA E ACICATENA (CT)

Luciano BONCI (*), Stefano CALCATERRA (*), Piera GAMBINO (*), Katia MERLI (**)
Domenico BELLA (***), Giuseppe FILETTI (****)

* Servizio Geologico d'Italia-Dip. Difesa del Suolo-APAT, Via Curtatone 3 (RM), luciano.bonci@apat.it

** Consulente APAT, Via Curtatone 3, katia.merli@apat.it

*** Centro Scientifico per l'Ambiente, Acireale (Ct), centrosa@tiscali.it

**** Genio Civile di Catania

Riassunto

Il Servizio Geofisica del Dip. Difesa del Suolo – Servizio Geologico d'Italia-APAT ha avviato già da qualche anno la progettazione e la realizzazione di una rete di monitoraggio permanente per il controllo dello stato di attività nella fase cosismica e asismica lungo le faglie di S. Tecla-Linera e di Acicatena nella provincia di Catania (Rete GPS SIORNET). Tale progetto rappresenta una logica prosecuzione di precedenti attività che l'APAT ha intrapreso con l'ARPA Sicilia nell'ambito dello studio della distribuzione degli effetti sul terreno prodotti dalla sequenza sismica del 2002.

La rete, gestita in telemisura dalla sede di Roma, è costituita da due segmenti di monitoraggio uno in acquisizione continua (sottoreti di Linera e Acicatena) e l'altro in acquisizione periodica. Nelle stazioni GPS in acquisizione continua, il cui numero è attualmente pari a 5, le misure sono state avviate tra novembre 2005 e maggio 2006. I dati vengono trasmessi giornalmente al centro di raccolta del Servizio Geofisica di APAT, dove viene eseguito il controllo di qualità e l'elaborazione con software scientifico.

I risultati del monitoraggio forniscono ad oggi le prime indicazioni sulle scelte progettuali per l'installazione delle stazioni permanenti. Inoltre per la sottorete di Acicatena, posta in un'area urbanizzata caratterizzata da elevato rischio per la notevole dinamicità della faglia, i dati forniscono prime indicazioni sulle deformazioni dell'area che appaiono concordi a quanto già presente in letteratura.

Abstract

A GPS permanent network (SIORNET) has been planned, by the Geophysical Service-Geological Survey of Italy-APAT, to monitor the S. Tecla-Linera and the Acicatena faults (CT). Both structures are affected by extensional movements with a right lateral component of slip and, particularly in the Acicatena faults, creep events are frequent in a densely urbanised area. Five permanent GPS stations have been installed during the period autumn 2005-spring 2006.

In this paper we present the first results of the data collected from the GPS stations of the Acicatena sub-network (ACSA, SCAC) for nine month. The data quality check, carried out with the Teqc software, give us a good evaluation concerning the project choice. The elaboration with the Bernese software shows the first information about the structure movements according with the geological studies.

Assetto geologico strutturale e attività sismotettonica

L'area in esame si individua nel basso versante orientale del M. Etna, in un contesto geologico strutturale caratterizzato dalla presenza di numerose faglie normali ad andamento circa NNW-SSE che, nel loro insieme, definiscono il "Sistema tettonico delle Timpe", altresì denominato Sistema Acireale-S. Alfio (Monaco et al., 1997), costituito da potenti scarpate a sviluppo lineare estese per parecchi chilometri, in parte oggi oblitrate da colate laviche recenti e storiche. Questo sistema di faglie rappresenta la prosecuzione settentrionale nella terraferma della Scarpata Ibleo-Maltese, ovvero una zona di debolezza crostale a carattere regionale che borda il settore sud orientale della

Sicilia e che costituisce una delle vie preferenziali di risalita del magma subcrustale (Scandone et al., 1981; Lo Giudice et al., 1982). Tali intrusioni magmatiche, unitamente a movimenti puramente gravitativi, sarebbero la causa di stress localizzati prevalentemente nel versante orientale dell'edificio vulcanico etneo, con uno scivolamento verso SE dello stesso fianco, delimitato a Nord dal Sistema di faglie della Pernicana e a Sud dal Sistema delle faglie di Mascalucia e Trecastagni (Borgia et al., 1992) (Figura 1). L'intensità dei processi tettonici in atto è rivelata da chiare evidenze geomorfologiche che si sviluppano in corrispondenza di piani di faglia (Adorni e Carveni, 1993; Stewart et al., 1993; Monaco et al., 1997) e da una elevata sismicità che produce effetti sulle strutture antropiche, quale per esempio la rete acquedottistica (Ferrel et al., 2005). I moti lungo queste faglie possono essere istantanei, cosismici, o lenti, per *creep* asismico (Lo Giudice E., Rasà R., 1986).

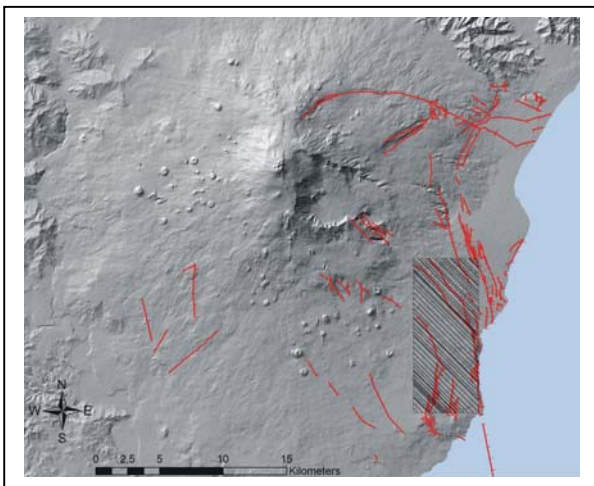


Figura 1 - faglie capaci dell'apparato vulcanico etneo: il riquadro in tratteggio indica la porzione indagata (da ITHACA 2006)

La faglia di Santa Tecla–Linera si identifica con il tratto settentrionale del sistema della Timpa di Acireale ed è estesa per circa 7,5 km, assumendo sul territorio un andamento circa N330E. La cinematica di questa struttura, evinta da studi morfotettonici e sismici, è normale con trascorrenza destra (Monaco et al., 1995). La zona di fratturazione è caratterizzata, non solo da elementi fessurativi aventi la stessa direzione della faglia, ma anche da fratture coniugate (Platania, 1915; Mancino, 1953). Lo *slip rate* tratto dalla letteratura è stimato tra 1,1 – 1,9 mm/a (Azzaro, 2004). Ad Est di questa struttura si trova la Faglia di Santa Tecla: si tratta di una struttura orientata N335E, estesa per circa 1,5 km che esprime una cinematica normale con una discreta componente trascorrente destra. In essa si rilevano movimenti cosismici e, nei periodi di quiete, di *creep* asismico, con un rateo di movimento di circa 1cm/a, calcolato considerando manufatti realizzati nel 1970 (Rasà et al., 1996).

La Faglia di Acicatena si identifica con una scarpata complessa, denominata localmente Timpa di Acicatena, avente un andamento circa N5–10E ed estesa per circa 12 km. La struttura tettonica esprime una cinematica normale con componente trascorrente destra (Azzaro, 1999; Azzaro, 2004). Attivata sismicamente anche durante il terremoto del 20/02/1818 (Boschi et al., 1995), uno dei più forti terremoti dell'area etnea, questa faglia presenta attualmente movimenti per *creep* asismico che interessano numerose strutture antropiche (Lo Giudice, 1988; Rasà et al., 1996). In relazione alla misura dell'ampiezza delle fratture sui manufatti, tenuto conto dell'età degli stessi, è stato possibile quantificare il rateo di movimento in alcuni tratti della faglia compreso tra 9-17 mm/a (Rasà et al., 1996). Nel suo tratto nord orientale la faglia di Acicatena si unisce con una struttura circa NW–SE, denominata di Fiandaca (Gresta et al., 1997; Azzaro, 2004), con cinematica distensiva e componente trascorrente destra.

La rete di monitoraggio GPS

La rete GPS SIORNET (figura 2), progettata e gestita dal Servizio Geofisica del Dip. Difesa del Suolo di APAT, prevede il controllo attraverso stazioni GPS permanenti e non-permanenti delle faglie rispettivamente di S. Tecla-Linera e Acicatena (Bonci et al., 2004). Tale rete dà seguito agli studi avviati da APAT successivamente agli eventi vulcanici e tettonici etnei del 2002, anche in collaborazione con ARPA Sicilia, e costituisce un utile arricchimento al database del progetto ITHACA (Vittori, 2000; Di Manna et al., 2006). La rete, progettata con l'obiettivo di controllare e quantizzare gli spostamenti legati all'attività sismica e di *creep* asismico lungo i sopra citati lineamenti tettonici, consta di 5 stazioni distribuite rispettivamente lungo la faglia di Acicatena (SCAC e ACSA) e S. Tecla-Linera (CAFA, SERB e PACO). Un ulteriore segmento è costituito da 10 vertici GPS a centramento forzato sui quali è stata eseguita la campagna di "zero" nell'autunno del 2005 (Bonci et al., 2005).

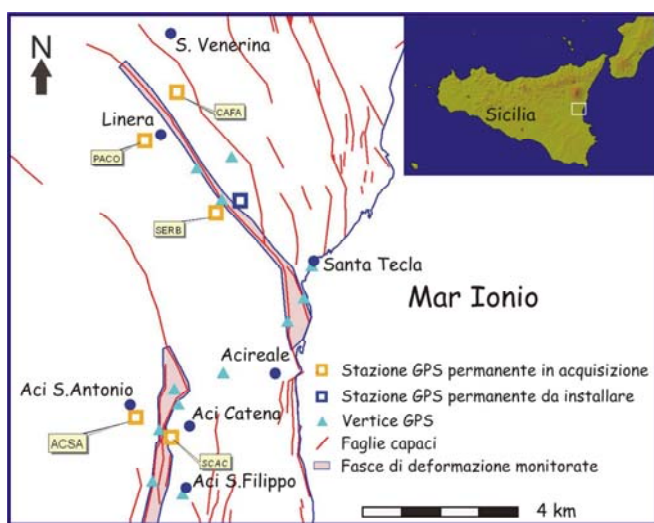


Figura 2 - fasce di deformazione tettonica interessate dal monitoraggio GPS (modificata da ITHACA 2006)

Le stazioni permanenti sono dotate di ricevitori TOPCON e antenne Choke-Ring, e dispongono di rete elettrica ad eccezione della stazione CAFA, dove è presente un pannello fotovoltaico; in caso di black-out l'autonomia viene garantita per almeno 72 ore da batterie tampone. L'acquisizione è stata impostata per fornire *file* giornalieri con intervallo di campionamento a 30 s e *cut off* di 15 gradi. Ciascuna stazione è dotata di modem GSM per la trasmissione dei dati al Centro di raccolta ed elaborazione dati presso il Servizio di Geofisica di APAT a Roma. La trasmissione e gestione dei dati viene eseguita in automatico attraverso il software MeridianaSat Enterprise (Geopro s.r.l.) che permette di trasformare i file binari in Rinex, effettuare il controllo di qualità utilizzando Teqc dell'UNAVCO ed archiviare i *file*. Il controllo di qualità dei dati mette in evidenza che i valori medi del *multipath* in L1 (ACSA=0.63; SCAC=0.3), L2 (ACSA=0.69; SCAC=0.33) e il rapporto percentuale fra il numero di osservazioni registrate e il numero di osservazioni attese (ACSA=88%; SCAC=89 %) sono in accordo con gli standard di qualità delle stazioni permanenti dell'IGS.

Strategia di elaborazione

La rete è stata inquadrata nel sistema ITRF2000 utilizzando le stazioni Cagliari (CAGL), Matera (MATE) e Lampedusa (LAMP) con il software scientifico BERNESE. Le coordinate di queste stazioni riferite all'epoca 1997.0 sono state propagate con le loro velocità e bloccate nell'elaborazione con un s.q.m. pari a 5 mm sia in planimetria che in quota. La strategia di elaborazione adottata è quella suggerita dal manuale del software BERNESE per campagne di tipo regionale, con eliminazione delle ambiguità e stima delle coordinate in due passi (strategia QIF + ELIMIN). Sono state utilizzate le effemeridi precise, scaricate automaticamente grazie ad un programma di servizio, da <ftp://cddis.gsfc.nasa.gov>. Il centro di fase delle antenne è impostato mediante il file di calibrazione PHAS_IGS.01.

A seguito dell'elaborazione le stazioni della rete SIORNET sono così inquadrare giorno per giorno rispetto alle stazioni permanenti dell'E.U.R.E.F.. Vengono prodotte le soluzioni giornaliere che consistono in *file* di coordinate, covarianze e equazioni normali. Le variazioni giornaliere sono quindi rappresentate su un grafico per ottenere le serie temporali delle coordinate in NORD, EST e QUOTA.

Analisi dei dati

La rete di monitoraggio permanente SIORNET è stata realizzata in un periodo che va dal settembre del 2005 a maggio del 2006. Fatta eccezione per il primo periodo di acquisizione che può essere considerato come periodo di test, le stazioni sono a pieno regime di funzionamento a partire dal mese di novembre 2005 per ACSA e SCAC, marzo 2006 per SERB e giugno 2006 per CAFA e PACO. Pertanto, in questa nota sono illustrati i dati acquisiti lungo la sottorete di Acicatena, per i quali si dispone di circa 9 mesi di osservazioni.

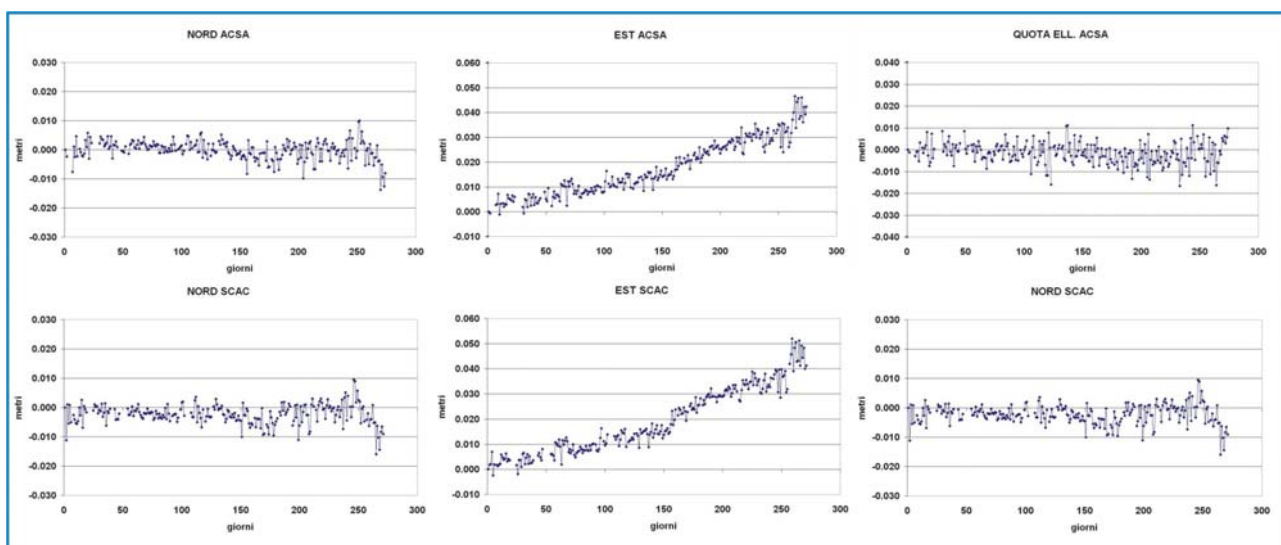


Figura 3 – Serie temporali delle soluzioni giornaliere delle stazioni ACSA e SCAC

La figura 3 riporta per le due stazioni di ACSA e SCAC l'andamento delle tre componenti Nord, Est e Quota calcolate rispetto alle stazioni E.U.R.E.F. (CAGL, MATE, LAMP). I valori si distribuiscono secondo una correlazione lineare e l'andamento dei movimenti appare simile per le due stazioni con trend prevalente verso Est e una velocità media in questa direzione leggermente superiore per la stazione di SCAC.

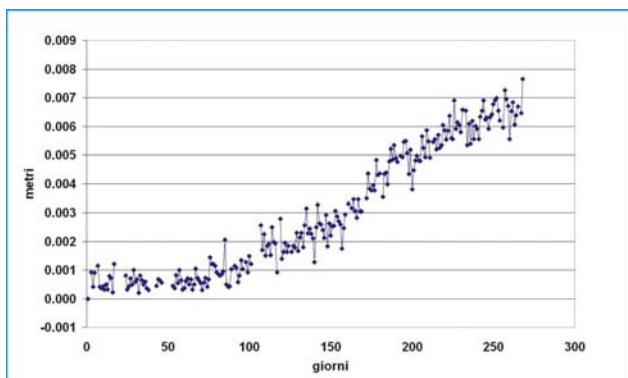


Figura 4 – Serie temporale della variazione della base ACSA-SCAC

Il grafico in Figura 4 mostra la serie temporale della lunghezza della base ACSA-SCAC dal quale si evince un aumento della lunghezza in virtù di una differente velocità delle due stazioni.

Osservazioni conclusive

I dati ad oggi disponibili, sebbene interessino un periodo di osservazione ancora troppo breve per fare delle valutazioni in merito alla cinematica di questa porzione di territorio etneo, suggeriscono un *trend* verso Est sia per la stazione permanente di ACSA che per quella di SCAC. Tale *trend* appare evidente anche tenuto conto delle velocità delle stazioni permanenti EUREF.

Le informazioni dedotte da questo primo periodo di osservazione si mostrano coerenti con quanto diffusamente rilevato dalla letteratura. Inoltre, in accordo con dati geologico strutturali e studi sismici, questa prima analisi mette in evidenza per la sottorete di Acicatena una differente velocità di spostamento per le stazioni di ACSA e SCAC, poste rispettivamente al letto ed al tetto della omonima faglia, con movimento prevalente distensivo e un *slip-rate* non ancora quantificabile per il limitato periodo di misura.

I dati analizzati nella presente nota sembrano quindi indicare l'esistenza di una deformazione intersismica correlabile probabilmente ad un fenomeno di *creep* asismico. Tali dati dovranno essere tuttavia validati dalle osservazioni future ed integrati con i dati desunti dalle misure sulla rete non-permanente.

Ringraziamenti

Si ringraziano per il supporto tecnico alla realizzazione e alla gestione delle reti: Sig. D. Matarazzo, P.I. C. Pulsinelli, P.M. F. Vullo, Ing. A. Cametti. Si ringrazia inoltre il Dott. P. Di Manna per le informazioni fornite sulla banca dati ITHACA.

Riferimenti bibliografici

Adorni G., Carveni P. (1993), "Anomalie del reticolo idrografico causate da eventi sismotettonici sul basso versante orientale dell'Etna", *Boll. Acc. Gioenia Sc. Nat.*, 26, 342: 196 – 206.

Azzaro R. (2004), "Seismicity and active tectonics in the Etna region: constraints for a seismotectonic model- American Geophysical Union", *Geoph. Monograph*, 143: 205-220.

Azzaro R. (1999), Earthquake surface faulting of Mt. Etna Volcano (Sicily) and implications for active tectonics *Geodynamics* 28: 193-213.

Beutler G., Brockmann E., Dach R., Fridez P., Gurtner W., Hugentobler U., Johnson J., Mervart L., Rothacher M., Schaer S., Springer T., Weber R. (2000), *Bernese Software 4.2.*, Astronomical Institute, University of Berne.

Bonci L., Calcaterra S., Cametti, A., Gambino P., Merli K. (2004), "Definizione di un protocollo operativo per il monitoraggio degli spostamenti superficiali" *Bollettino della Società Italiana di Fotogrammetria e Topografia*, 3: 145-155.

Bonci L., Calcaterra S., Ferrelì L., Gambino P., Vittori E., Bella D., Filetti G. (2005), "Monitoraggio GPS su strutture attive dell'apparato etneo caratterizzate da movimenti cosismici e asismici: faglie di S.Tecla-Linera e Acicatena" *Atti 9° Conf. Naz. Asita*, Catania, II: 1079-1084.

Borgia A., Ferrari L., Pasquarè G. (1992), "Importance of gravitational spreading in the tectonic and volcanic evolution of Mt. Etna", *Nature*, 357: 231-235.

Boschi E., Ferrari G., Gasparini P., Guidoboni E., Smriglio G., Valensise G. (1995), "Catalogo dei forti terremoti in Italia dal 461 a.C. al 1980", *ING - Storia Geofisica Ambiente*.

Di Manna P., Blumetti A.M., Fiorenza D., Ferrelì L., Giardina F., Michetti A., Serva L., Vittori E. (2006), "ITHACA (version 2006): New data on capable fault in Italy", *5th ECONGEO*, Barcellona 13-16 June 2006, 452-454.

Ferrelì L., Di Manna P., Serafini R., Serva L., Vittori E., Marino S., Brancato A., Bella D., Filetti G. (2005), "Gis per il monitoraggio ambientale a seguito di fagliazione superficiale nell'area etnea", *Atti 9° Conf. Naz. Asita*, Catania, II: 1079-1084.

Gresta S., Bella D., Musumeci C., Carveni P. (1997), "Some efforts on active faulting processes (earthquakes and aseismic creep) acting on the eastern flank of Mt. Etna", *Acta Vulcanol.*, 9: 101-108.

- Lo Giudice E. (1988), "Particolari aspetti del rischio sismico nell'area Etna", *Atti del Convegno Internazionale di Studio -L'organizzazione territoriale delle aree sismiche e vulcaniche*, Zafferana E., maggio 1985: 59-85.
- Lo Giudice E., Patanè G., Rasà R., Romano R. (1982), "The structural framework of Mount Etna", *Mem. Soc. Geol. It.*, 23: 125-158.
- Lo Giudice E., Rasà R. (1986), "The role of the NNW structural trend in the recent geodynamic evolution of north-eastern Sicily and its volcanic implications in the etnean area", *J. Geodynamics*, 25: 309-330.
- Mancino A., (1953), "Il terremoto del 19/03/1952 di Linera, Zafferana Etna, Santa Venerina", *In Aevum*, anno XXV, 5: 8.
- Monaco C., Petronio L., Romanelli M. (1995), "Tettonica estensionale nel settore orientale del Monte Etna (Sicilia): dati morfotettonici e sismici", *Studi Geol. Camerti*, Vol. Spec. 1995/2: 363-374.
- Monaco C., Tapponnier P., Tortorici L., Gillot P.Y. (1997), "Late Quaternary slip rates on the Acireale-Piedimonte normal faults and tectonic origin of Mt. Etna (Sicily)", *Earth Planet. Sci. Letters*, 147: 125-139.
- Platania G. (1915), "Sul periodo sismico del maggio 1914 nella regione orientale dell'Etna", *Tip. Orario delle Ferrovie*.
- Rasà R., Azzaro R., Leonardo O. (1996), "Aseismic creep on faults and flanks instability at Mount Etna volcano, Sicily", *Volcano Instability on the Earth and Other Planets*, McGuire, W. J. Jones, A.P. & Neuberg J. editors, Geological Society Special Publication, 110: 179-192.
- Scandone P., Patacca E., Radoicic R., Ryan W.B.F., Cita M.B., Rawson M., Chezar H., Miller E., McKenzie J., Rossi S. (1981), "Mesozoic and Cenozoic rocks from Malta escarpment (central Mediterranean)" *A.A.P.G. BULL.*, 65: 1299 – 1319.
- Stewart I., McGuire W., Vita Finzi C., Firth C., Holmes R., Saunders S. (1993), "Active faulting and neotectonic deformation on the eastern flank of Mt. Etna, Sicily", *Zeits. Geomorph. N.F. Suppl. Bd*, 94, 73 – 94.
- Vittori E. (2000), "State of the art of active fault studies in Italy", *Proceedings of the 31st International Geological Congress*, Rio de Janeiro, Brasil, Abstracts volume on CD-ROM: 5.