

**ISTITUTO NAZIONALE
DI GEOFISICA E VULCANOLOGIA**

GRUPPO NAZIONALE PER LA VULCANOLOGIA

LA SORVEGLIANZA ALL'ETNA

C. Pesaresi

INTRODUZIONE

La Sicilia è la regione italiana maggiormente esposta a catastrofi naturali di natura geodinamica, cioè a terremoti e ad eruzioni vulcaniche. Basta ricordare, ad es., i terremoti della Val di Noto del 1693, con circa 60.000 vittime, e quello di Messina nel 1908, con circa 80.000 vittime, che hanno colpito la porzione orientale dell'isola. Relativamente alle eruzioni vulcaniche menzioniamo quelle del 1669 e del 1928 che hanno devastato vaste porzioni del territorio posto alle pendici del vulcano, in un settore ove oggi si sviluppa un'estesa area metropolitana.

Il territorio regionale comprende due vulcani, l'Etna e lo Stromboli, con elevatissima frequenza di eruzioni, un'area in cui si sono recentemente manifestati fenomeni di possibile riattivazione (Vulcano), e zone potenzialmente pericolose come Lipari e Panarea (Isole Eolie), e Pantelleria (Canale di Sicilia). Altre zone sismicamente a rischio si trovano, oltre che nelle due principali aree vulcaniche attive, Etna ed Isole Eolie, in Sicilia orientale (zona dello Stretto di Messina; zona del Ragusano-Siracusano; catena costiera Nord-orientale) e, subordinatamente, in Sicilia occidentale.

La sorveglianza di tutte queste zone, esercitata mediante reti permanenti di monitoraggio e interventi di controllo sul campo da parte di appositi specialisti, dovrà essere rivolta, pertanto, allo studio e all'individuazione dei principali fenomeni precursori di eruzioni vulcaniche e terremoti. Tale obiettivo rappresenta non solo un argomento scientifico di straordinario interesse, ma anche un passo di fondamentale importanza per assicurare la protezione delle popolazioni che vivono nelle zone a rischio, e per garantire l'incolumità dei cittadini ivi residenti. L'obiettivo che si spera di raggiungere è, infatti, quello di riuscire a prevedere con sufficiente anticipo, eventuali eventi sismici-eruttivi particolarmente intensi, al

fine di limitare il più possibile le conseguenze dannose. Analisi e studi di questo genere, correlati alla compilazione di carte di rischio e di pericolosità, devono essere svolti, anche, con la speranza di fungere da guida all'urbanizzazione, e con l'intento di dissuadere la popolazione dal continuare ad edificare in zone particolarmente in pericolo. Sebbene, infatti, molti comuni localizzati in prossimità di vari vulcani siano cresciuti disordinatamente e sotto la spinta dell'abusivismo, la loro futura espansione può essere resa più razionale dall'identificazione delle aree esposte a maggior rischio, ove ovviamente dovrebbe essere evitata non solo la costruzione delle abitazioni, ma anche l'edificazione di industrie costose ed altamente infiammabili e l'erezione di edifici difficilmente evacuabili come, ad es., gli ospedali.

SORVEGLIANZA E PREVISIONE

La risalita di una massa magmatica verso la superficie determina una serie di fenomeni "anomali", detti precursori, che precedono le eruzioni e che possono essere monitorati per mezzo di apposite apparecchiature. La risalita del magma provoca effetti sull'intera compagine rocciosa dell'apparato vulcanico determinando deformazioni e fratturazioni, oltre che variazioni nell'accelerazione di gravità (a causa della redistribuzione delle masse). Inoltre, lo spostamento verso l'alto delle masse magmatiche permette, anche, il riscaldamento dell'acqua di falda, la quale si arricchisce di elementi chimici provenienti dal magma stesso. E' molto importante, perciò, tenere sotto controllo le acque e le fumarole, misurandone la temperatura e analizzandone le variazioni nella composizione chimica.

La sorveglianza dei vulcani si attua, principalmente, con due metodologie di indagine: geofisica, tramite l'osservazione

e la registrazione dei terremoti, delle deformazioni del suolo, e delle variazioni di gravità; geochimica, consistente principalmente nell'analisi della temperatura e della composizione chimica delle acque, dei gas e delle fumarole.

Gli studi di previsione sono strettamente connessi alle analisi di sorveglianza; prevedere significa cercare di determinare tempo e luogo di un eventuale evento vulcanico, la sua durata e la sua evoluzione.

Una relazione sicura tra fenomeni precursori ed eruzioni non è definibile, ma l'attendibilità delle valutazioni è maggiore se è stato osservato un elevato numero di eventi passati che possono essere presi come base di riferimento; è molto importante, cioè, poter disporre di una raccolta di dati dettagliati concernenti le precedenti eruzioni del vulcano oggetto di studio. In tal caso si possono elaborare delle stime probabilistiche relative alla previsione delle eruzioni.

L'obiettivo che si spera di raggiungere è quello di riuscire a prevedere, con sufficiente anticipo, un eventuale evento eruttivo, al fine di limitare il più possibile le conseguenze dannose. Per ottenere tale risultato è necessario, innanzitutto, tenere i vulcani sotto continua sorveglianza, sperando di riuscire a prevedere in tempi utili il verificarsi di quei fenomeni anomali che potenzialmente potrebbero preannunciare la ripresa dell'attività eruttiva.

GENERALITA' SULLA SORVEGLIANZA SISMICA: GLI STUDI EFFETTUATI ALL'ETNA

Un terremoto può essere definito come un'improvvisa liberazione di energia che si propaga per mezzo di onde elastiche, cioè per mezzo di vibrazioni di natura ondulatoria che si diffondono dall'area

sorgente del terremoto. L'energia si propaga, dunque, sotto forma di onde, per effetto delle quali le particelle di materia cominciano ad oscillare e a trasmettere l'oscillazione alle particelle immediatamente adiacenti.

I terremoti associati al vulcanismo vengono, generalmente, suddivisi in:

1) Terremoti di tipo A (tettonici, o ad alta frequenza). Sono caratterizzati da un brusco inizio e da frequenze d'oscillazione comprese, solitamente, tra 5 e 15 Hertz. Si chiamano così perché sono molto simili ai terremoti che si verificano in aree non vulcaniche. I loro ipocentri si collocano, prevalentemente, a profondità comprese tra 1 e 20 km.

L'analisi delle maggiori eruzioni esplosive recenti ha permesso di effettuare una distinzione tra i terremoti appartenenti al tipo A, a seconda che essi avvengano prima, durante o dopo l'eruzione.

Quelli che si verificano prima dell'eruzione hanno, generalmente, ipocentri con una profondità non superiore ai 10 km; quelli che avvengono durante l'eruzione hanno ipocentri a profondità affini ma tendenti a migrare verso il basso; i terremoti registrati dopo l'eruzione hanno ipocentri localizzati a profondità, solitamente, maggiore ai 10 km. Ricordiamo che i sismi che seguono le eruzioni vanno interpretati come dovuti a fenomeni di assestamento dell'apparato vulcanico.

2) Terremoti di tipo B (a bassa frequenza). I terremoti di tipo B hanno ipocentri localizzati a profondità inferiori a 5-10 km, sono caratterizzati da frequenze dell'ordine di 1-3 Hertz, e spesso non iniziano in maniera netta. Sono tipici delle aree vulcaniche.

Eventi a bassa frequenza sono stati registrati prima di numerose attività, come quella del Redoubt, nel 1989-90,

anticipata da uno sciame di eventi sismici che ha preceduto la fase esplosiva dell'eruzione.

- 3) Tremore vulcanico. Per tremore si intende una vibrazione del suolo, solitamente, registrata in prossimità di vulcani attivi. E' caratterizzato, in genere, da frequenze dell'ordine di 1-2 Hertz, e può durare anche varie ore.

Il tremore vulcanico è sempre presente durante le eruzioni; a volte le precede; spesso può manifestarsi senza che si scateni l'attività eruttiva.

Le conoscenze relative all'origine del tremore vulcanico sono ancora piuttosto incomplete e controverse. Secondo alcuni potrebbe essere legato a fenomeni di oscillazione del magma nel condotto; secondo altri potrebbe essere connesso all'oscillazione di un sistema di fratture collegate tra loro e soggette ad intrusione di magma.

- 4) Terremoti d'esplosione. Questi terremoti sono generati dalle esplosioni che avvengono nel corso dell'attività eruttiva. L'intensità e la frequenza di tali sismi è strettamente correlata alla violenza e alla durata delle eruzioni.

Sistematiche osservazioni degli eventi sismici che si verificano nell'area etnea sono iniziate nella seconda metà del 1900. La prima stazione, con la specifica funzione di registrare ed analizzare eventuali terremoti e tremori, fu messa in operazione nel 1967; la seconda nel 1970. Nel 1973 le stazioni predisposte per esaminare e misurare i diversi tipi di terremoti connessi alla risalita di masse magmatiche verso la superficie erano, ormai, sei.

Un dettagliato rapporto, relativo alle osservazioni fatte fino al 1981, è stato riportato da Cosentino et al. (1982). Dagli studi effettuati risultò che le eruzioni laterali venivano solitamente preannunciate da una serie di scosse sismiche che iniziavano, in genere, tra 2 e 10 giorni prima del verificarsi dell'evento eruttivo, e

che divenivano sempre più intense e frequenti avvicinandosi al momento del parossismo. Fu osservato, inoltre, che la magnitudo raramente faceva registrare valori superiori a 4,5.

Una moderna rete permanente per il monitoraggio dell'attività sismica nell'area etnea è stata instaurata sin dal 1989. Nel corso dei sei anni successivi questa rete è stata continuamente ampliata e perfezionata per garantire un'adeguata sorveglianza dell'area. Nel 1995 le stazioni predisposte per il monitoraggio sismico dell'edificio etneo erano 12, di cui 8 a componente verticale e 4 a tre componenti. I segnali sismici venivano inviati in tempo reale all'Istituto Internazionale di Vulcanologia (I.I.V.) sito a Catania.

Tab. 1. Informazioni relative al concetto di magnitudo (dati da Accordi B., Palmieri E.L., 1987).

MAGNITUDO
<p>Nel 1935 C.F. Richter, volendo introdurre una misura quantitativa dei terremoti, sviluppò la scala delle magnitudo locali, scegliendo come riferimento un terremoto che producesse, su un sismografo standard (Wood-Anderson) posto a 100 km di distanza dall'epicentro, un'oscillazione di 0,001 mm. La magnitudo fu definita, dunque, come il rapporto tra l'ampiezza massima di un terremoto (A) e l'ampiezza massima del terremoto di riferimento (A₀) registrato alla medesima distanza, e fu espressa come: $M = \log_{10} \frac{A}{A_0}$ (o $M = \log_{10} A - \log_{10} A_0$). Da ciò si ricava facilmente che se $A = A_0$ la magnitudo è 0 e il terremoto in questione provoca un'ampiezza d'oscillazione, sul sismogramma, uguale a quella provocata dal terremoto di riferimento (1 micron; un terremoto di M=3 provoca, di conseguenza, un'oscillazione di 1 mm).</p> <p>La scala della magnitudo è logaritmica e l'energia rilasciata da un elevato numero di deboli terremoti è inferiore a quella rilasciata da pochi eventi di elevata magnitudo. In particolare, un aumento di un'unità nella magnitudo corrisponde ad un aumento di un fattore 10 nell'ampiezza del movimento del suolo, e ad una liberazione di energia circa 30 volte maggiore. Per esempio, un terremoto di magnitudo 8 determina movimenti del suolo di ampiezza 100 volte maggiore rispetto a quelli provocati da un terremoto di magnitudo 6, e libera una quantità di energia circa 900 volte superiore.</p>

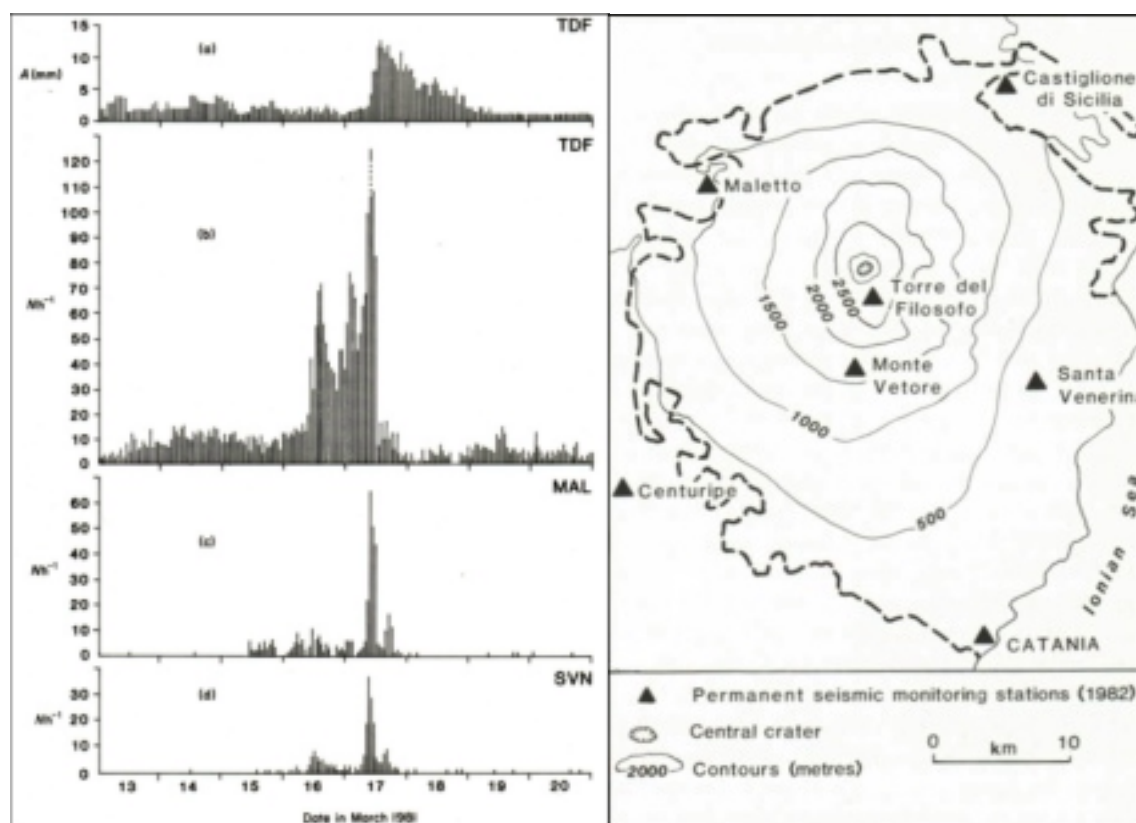


Fig. 1. Il primo grafico (a) riportato nella figura a sinistra indica la variazione, in mm, dell'ampiezza del tremore vulcanico registrato alla stazione di Torre del Filosofo (TDF) prima e durante il verificarsi della fase eruttiva del 17-23 marzo 1981, sul fianco Nord dell'Etna. L'incremento di ampiezza maggiore fu registrato nei giorni del 17 e del 18 marzo, durante la fase iniziale dell'emissione lavica. I grafici b, c, d, evidenziano, invece, la variazione nella frequenza (Nh^{-1}) del tremore vulcanico registrata dalle stazioni di Torre del Filosofo (TDF), Maletto (MAL) e S. Venerina (SVN). L'evidente incremento di frequenza, registrato immediatamente prima del verificarsi dell'eruzione, sembra poter essere attribuito all'apertura di fratture piuttosto superficiali, poco prima dell'effusione (da Chester D.K., Duncan A.M., Guest J.E., Kilburn C.R.J., 1985).

La localizzazione delle suddette stazioni di monitoraggio (TDF, MAL, SVN) è rappresentata nella cartina a destra che mostra la disposizione delle 7 stazioni che, nel 1982, componevano la rete di monitoraggio sismico all'Etna (da Cosentino M., 1982).

Tab. 2. Eventi sismici (con $M \geq 2,5$) verificatisi nell'area etnea tra il 1993-1995 (da Spampinato S., Gambino S., Patanè D., Privitera E., D'Amico G., Di Prima S., Pellegrino A., Scuderi L., Torrisi O., 1998).

Data	Lat. N	Long. E	M	Data	Lat. N	Long. E	M
14/04/93	37,678	15,047	2,7	12/11/94	37,799	14,997	2,8
24/05/93	37,796	14,982	3,2	12/11/94	37,799	15,020	3,0
24/05/93	37,790	14,978	2,6	12/11/94	37,795	14,997	2,6
24/05/93	37,803	14,997	3,0	05/12/94	37,770	14,905	2,7
24/05/93	37,800	14,982	3,1	05/12/94	37,794	14,913	3,1
24/05/93	37,800	14,979	2,7	05/12/94	37,758	14,914	2,6
27/05/03	37,689	15,108	3,0	05/12/94	37,765	14,904	2,7
14/06/93	37,711	15,115	3,3	05/12/94	37,782	14,925	3,3
26/08/93	37,718	15,094	2,8	06/12/94	37,775	14,895	2,8
26/08/93	37,713	15,094	2,6	10/02/95	37,710	14,968	2,6
05/12/93	37,815	15,036	2,5	10/02/95	37,703	14,974	2,5
05/12/93	37,815	15,037	2,9	10/02/95	37,693	14,976	2,7
05/12/93	37,803	15,038	2,5	10/02/95	37,693	14,981	2,7
13/12/93	37,805	15,040	2,7	10/02/95	37,717	14,967	2,7
16/03/94	37,634	15,025	2,9	10/02/95	37,722	14,969	3,0
08/04/94	37,688	14,979	2,8	10/02/95	37,705	14,969	4,0
10/05/94	37,830	15,032	2,7	10/02/95	37,667	14,968	2,5
15/05/94	37,624	14,971	2,5	10/02/95	37,687	14,980	2,6
22/05/94	37,668	14,998	2,5	10/02/95	37,692	14,971	2,5
26/05/94	37,716	14,887	2,6	11/02/95	37,700	14,984	2,9
26/05/94	37,731	14,885	2,8	23/02/95	37,734	15,081	2,6
26/05/94	37,701	14,887	2,6	25/02/95	37,647	15,131	2,7
30/05/94	37,512	15,000	2,5	21/03/95	37,841	15,074	2,5
01/07/94	37,864	15,034	2,9	26/03/95	37,701	15,119	2,8
01/07/94	37,868	15,038	2,5	28/03/95	37,811	15,113	3,0
03/07/94	37,808	15,112	3,2	30/03/95	37,823	15,104	2,9
06/07/94	37,879	15,032	3,2	27/04/95	37,827	15,068	2,7
24/07/94	37,737	15,105	2,5	17/05/95	37,530	14,906	2,9
26/09/94	37,716	14,977	2,5	25/05/95	37,744	15,112	2,5
26/09/94	37,722	14,985	3,0	09/06/95	37,766	14,932	2,7
26/09/94	37,700	14,965	3,1	24/06/95	37,752	15,102	2,6
26/09/94	37,713	14,982	2,5	24/06/95	37,647	14,952	2,6
26/09/94	37,718	14,981	2,8	25/06/95	37,647	14,943	2,6
26/09/94	37,701	14,971	2,6	15/07/95	37,674	15,020	2,5
26/09/94	37,724	14,984	2,7	28/07/95	37,654	15,040	2,8
26/09/94	37,724	14,978	2,7	01/08/95	37,644	15,021	2,8
27/09/94	37,710	14,973	2,7	01/08/95	37,725	14,928	3,0
27/09/94	37,711	14,985	2,7	01/08/95	37,722	14,924	2,7
28/09/94	37,565	14,900	2,5	02/08/95	37,718	14,925	2,6
02/10/94	37,802	14,912	2,5	02/08/95	37,723	15,100	2,7
14/10/94	37,671	15,178	2,8	02/08/95	37,739	15,084	2,7
20/10/94	37,879	14,973	2,8	09/09/95	37,666	15,128	2,5
25/10/94	37,702	14,967	2,5	18/09/95	37,765	14,977	2,7
12/11/94	37,804	14,997	2,6	22/09/95	37,634	14,970	2,5
12/11/94	37,784	14,997	2,5	26/11/95	37,642	14,930	2,8
12/11/94	37,794	14,997	2,5	24/12/95	37,781	14,943	2,6
12/11/94	37,792	15,009	2,9	24/12/95	37,782	14,923	3,2
12/11/94	37,776	15,019	2,6				

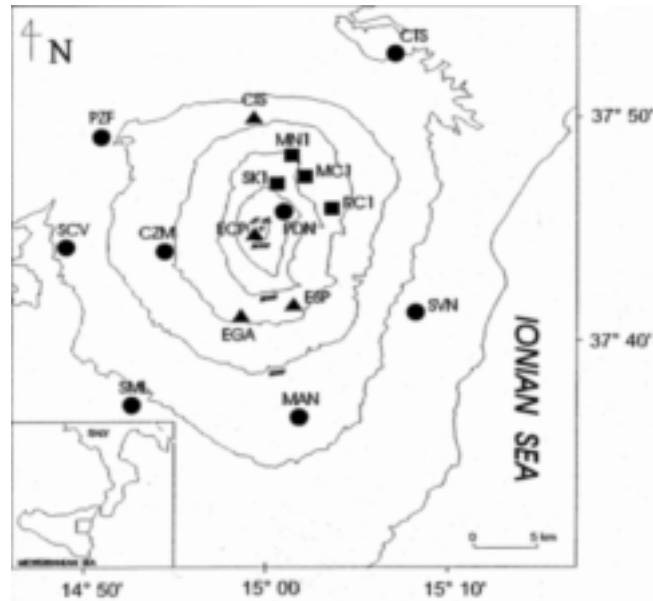


Fig. 2. Disposizione delle stazioni sismiche presenti nell'area etnea tra il 1993 e il 1995. I cerchietti indicano la localizzazione delle 8 stazioni a componente verticale; i triangolini indicano l'ubicazione delle 4 stazioni a tre componenti; i quadratini rappresentano, invece, 4 stazioni temporanee predisposte nel 1995 in connessione con la ripresa dell'attività eruttiva al Cratere di NE (da Spampinato S., Gambino S., Patanè D., Privitera E., D'Amico G., Di Prima S., Pellegrino A., Scuderi L., Torrisi O., 1998).

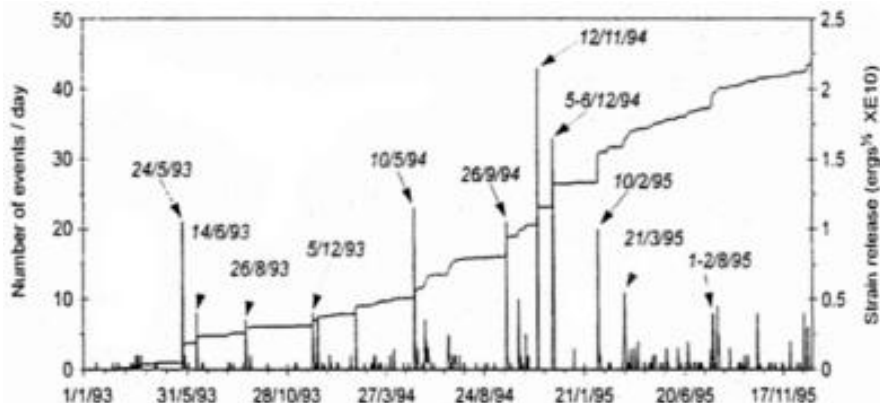


Fig. 3. Correlazione tra il numero di eventi sismici verificatisi nell'area etnea, tra il 01/01/93 e il 17/11/95, e il corrispondente rilascio di energia (da Spampinato S., Gambino S., Patanè D., Privitera E., D'Amico G., Di Prima S., Pellegrino A., Scuderi L., Torrisi O., 1998).

Importanti studi concernenti il tremore vulcanico all'Etna furono, invece, effettuati da Schick et al. nel 1982 e da allora si sono sempre più intensificati.

Tra il gennaio del 1993 e l'agosto del 1995 l'ampiezza del tremore vulcanico ha fatto registrare solo sporadiche fasi caratterizzate da evidenti fluttuazioni, tra cui quelle succedutesi tra agosto e

dicembre 1995, che hanno coinciso con la ripresa dell'attività eruttiva del Cratere di NE. I principali incrementi furono rilevati tra ottobre e dicembre (in cui furono registrati i picchi massimi) e, sebbene le varie manifestazioni di tremore furono caratterizzate da durata e rilascio di energia differente, presentarono simili tendenze evolutive. L'incremento di ampiezza fu,

generalmente, seguito da una fase parossistica e da un successivo e graduale decremento di ampiezza; solo nel caso del 23 dicembre la fase parossistica e quella conclusiva si susseguirono piuttosto rapidamente.

Attualmente la sorveglianza sismica della Sicilia orientale è uno dei punti cardine del "Sistema Poseidon", scaturito a fine anni '80, e destinato ad assicurare il monitoraggio sismico, la ricerca sui precursori dei terremoti e delle eruzioni e la sorveglianza dei vulcani attivi della Sicilia. Un concreto iter amministrativo, finalizzato a realizzare la gestione del sistema, è stato avviato solamente nel 1997 e si è definitivamente concretizzato nell'estate del 1999.

I principali obiettivi, concernenti l'attività sismica, che si intendono perseguire attraverso la realizzazione del "Sistema Poseidon", sono: l'effettuazione di approfonditi studi storici riguardanti la sismicità delle varie zone; l'installazione di reti permanenti di monitoraggio che consentano di evidenziare eventuali elementi che potrebbero modificare lo stato tensionale della crosta; la predisposizione di modelli numerici che rappresentino lo stato tensio-deformativo della crosta e ne illustrino la possibile evoluzione.

GENERALITA' SULLA SORVEGLIANZA DELLE DEFORMAZIONI DEL SUOLO: GLI STUDI EFFETTUATI ALL'ETNA

La risalita di una massa magmatica verso la superficie provoca la deformazione delle rocce soprastanti.

L'entità delle deformazioni è strettamente connessa alla pressione esercitata dal magma, alla profondità a cui avvengono gli incrementi di pressione, alle proprietà elastiche delle rocce incassanti.

Gli spostamenti del suolo sono generalmente valutati secondo una

componente orizzontale ed una verticale, che vengono misurate singolarmente con metodologie differenti.

Le deformazioni orizzontali vengono determinate misurando la distanza tra alcuni punti fissi, detti capisaldi, situati lungo l'edificio vulcanico (si parla di reti planimetriche). I valori ottenuti devono essere, poi, confrontati con quelli relativi ad analisi precedenti.

La misura delle deformazioni verticali si effettua, invece, per es., per mezzo di un procedimento chiamato livellazione, e consistente, essenzialmente, nel misurare le variazioni di quota avvenute tra i capisaldi (si parla di reti altimetriche).

Disponendo di un'estesa rete di capisaldi è possibile, dunque, delineare un quadro generale delle deformazioni subite da un determinato edificio.

Ci sono altri strumenti, detti tiltmetri, che permettono, invece, di valutare la variazione di pendenza dei fianchi del vulcano (si parla di rete clinometrica).

Le deformazioni che possono precedere un'eruzione consistono, per esempio, nel rigonfiamento di una parte del vulcano soggetta a risalita del magma. Si potranno verificare deformazioni del suolo sia verticali che orizzontali, e variazioni di pendenza dei fianchi dell'edificio.

Nei vulcani hawaiani si osserva, spesso, un lento rigonfiamento dell'edificio (inflazione) prima dell'inizio dell'attività, e un continuo sgonfiamento (deflazione) nel corso dell'eruzione. Questo fenomeno può essere spiegato ipotizzando l'esistenza di una camera magmatica, piuttosto superficiale, che prima del verificarsi dell'eruzione si riempie sempre più di magma proveniente da maggiori profondità, e poi si comincia a svuotare con il manifestarsi dell'evento eruttivo.

Deformazioni del suolo e terremoti hanno sempre preceduto la maggior parte degli eventi vulcanici, e per questo vanno considerati tipici fenomeni precursori.

L'edificio dell'Etna è molto ampio e la sua struttura è piuttosto complessa, cosicché le analisi concernenti le misure di deformazione del suolo relative all'intero apparato sono particolarmente dispendiose sia in termini economici che temporali.

Le prime importanti osservazioni furono fatte agli inizi del 1970; nel 1976, dopo aver effettuato ripetute misurazioni attorno al sistema di fratture di Nord-Est, fu evidenziato che espansioni e contrazioni delle fratture si verificavano in relazione all'attività del vulcano: durante la fuoriuscita e la propagazione delle colate si verificavano continue dilatazioni; mano a mano che l'attività si spostava verso il Cratere di NE le fratture tendevano a chiudersi.

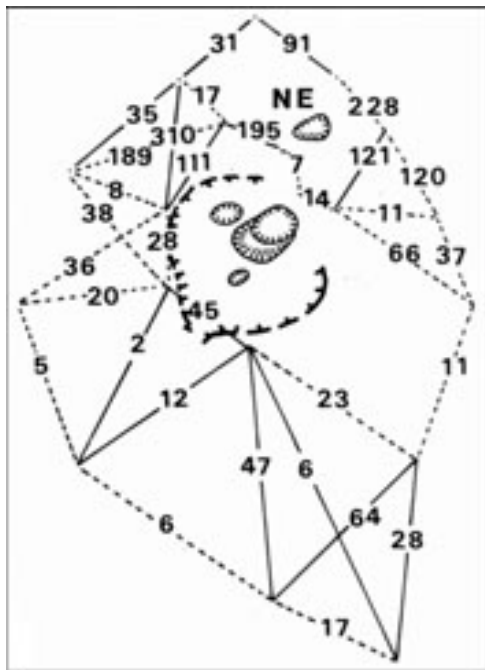


Fig. 4. Variazioni di distanza (in mm) verificatesi tra alcuni punti fissi, detti capisaldi, situati intorno all'edificio vulcanico dell'Etna, tra il giugno del 1972 e il luglio del 1973. Le linee nere continue, che uniscono i capisaldi, indicano un incremento di distanza; le linee tratteggiate indicano, invece, dei decrementi di distanza (da Wadge G., 1976).

Tab. 3. Reti di sorveglianza relative alle deformazioni del suolo.

RETI DI SORVEGLIANZA

Rete Planimetrica: fondamentale per valutare l'entità delle deformazioni orizzontali, che vengono determinate misurando la distanza tra alcuni punti fissi, detti capisaldi. I valori ottenuti devono essere, poi, confrontati con quelli ottenuti durante analisi precedenti.

Rete Altimetrica: utilizzata per valutare l'entità delle deformazioni verticali, per mezzo di un procedimento chiamato livellazione, e consistente, essenzialmente, nel misurare le variazioni di quota avvenute tra i capisaldi.

Rete Mareografica: quando l'edificio vulcanico si protrae fino alla riva del mare, le deformazioni verticali possono essere misurate anche per mezzo di mareografi, che consentono di misurare la quota di un punto fisso rispetto al livello del mare. Nel compiere questo tipo di misurazioni, va ricordato che il livello del mare varia per effetto delle maree e sotto l'influenza dei venti; per non considerare gli effetti connessi a tali fattori è necessario, allora, confrontare i valori ottenuti dalle misurazioni eseguite sull'edificio vulcanico, con quelli osservati in un altro punto lontano da esso.

Rete Clinometrica: consente di misurare, per mezzo di strumenti detti tiltmetri, le variazioni di pendenza dei fianchi del vulcano.

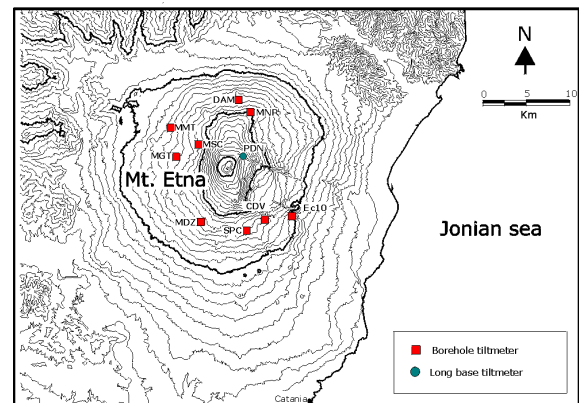


Fig. 5. Rete clinometrica all'Etna (da <http://www.ct.ingv.it>).

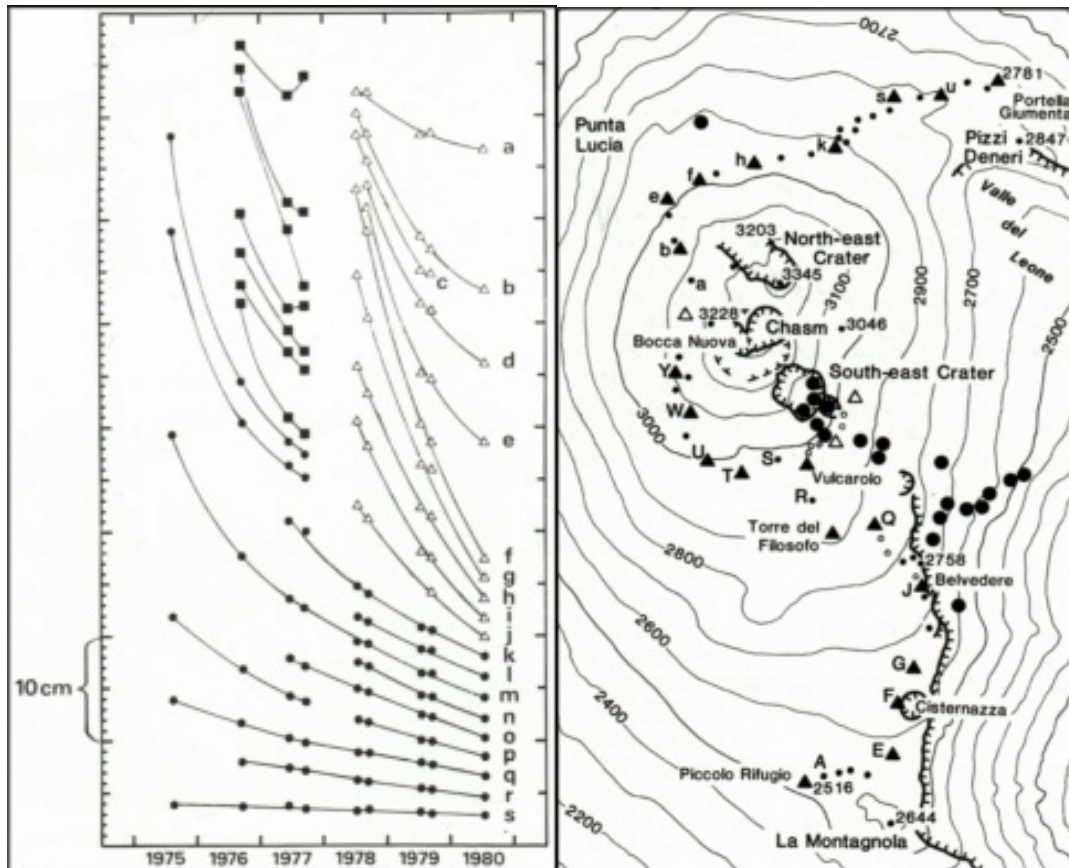


Fig. 6. La figura a sinistra mostra i movimenti verticali del suolo registrati dalle apposite stazioni, disposte sul fianco Nord dell'Etna, nel corso degli anni 1975-1980. I cerchietti neri rappresentano le stazioni installate sulle lave eruttate tra il 1966-1971; i quadratini neri quelle installate sulle lave emesse tra il settembre e il novembre del 1975; i triangolini bianchi indicano, infine, le stazioni instaurate sulle lave del 1977-1978 (da Murray J.B., Guest J.E., 1982).

La disposizione delle stazioni di monitoraggio è evidenziata nella cartina a destra. I triangolini neri indicano l'ubicazione delle stazioni principali (i triangolini bianchi la localizzazione delle stazioni distrutte); i cerchietti neri più piccoli evidenziano la disposizione delle stazioni minori. I cerchietti neri grandi rappresentano, invece, le fratture apertesi lungo i fianchi dell'Etna tra il 1974-1980 (da Murray J.B., Guest J.E., 1982).

Specifiche attività di monitoraggio concernenti le deformazioni del suolo che si verificano nell'area etnea sono iniziate nel 1977 ad opera dell'Istituto Internazionale di Vulcanologia (I.I.V.).

Le deformazioni orizzontali cominciarono ad essere monitorate per mezzo di una rete costituita dalle stazioni ubicate sui fianchi di Nord-Est (NE), Sud-Ovest (SW) e Sud (S) del vulcano, ad un'altitudine compresa tra meno di 300 m e circa 3.000 m s.l.m. Queste localizzazioni furono scelte considerando la struttura geologica dell'area e, in

particolare, la presenza di condizionamenti tettonici che possono agevolare il verificarsi di attività eruttive, e la concentrazione di fratture e di bocche laterali lungo i fianchi dell'edificio vulcanico.

Le deformazioni angolari, invece, iniziarono ad essere monitorate attraverso una rete consistente in 9 tiltmetri ubicati ad una profondità compresa tra 2,5 e 3,5 m e disposti in modo tale da consentire la registrazione di due componenti dette: "componente radiale", attraverso il cratere; "componente tangenziale", in direzione

ortogonale. Le stazioni avevano il compito di rilevare dati ogni 30 minuti e di inviarli, in tempo reale, all'I.I.V. di Catania.



Fig. 7. Disposizione delle stazioni predisposte per la sorveglianza delle deformazioni del suolo nell'area etnea nel 1977 (da Bonaccorso A., Campisi O., Consoli O., Falzone G., Gambino S., Laudari G., Puglisi B., Rossi M., Velardita R., Villari L., 1998).

E' importante sottolineare che, a partire dal 1993, fu osservata una progressiva attenuazione della fase di contrazione areale che aveva accompagnato l'eruzione del 1991-1993. Misurazioni successive, effettuate tra il 1993 e il 1995, hanno inoltre mostrato una chiara ripresa dell'espansione areale immediatamente dopo la fine dell'attività eruttiva (30 marzo 1993) e, in maniera particolarmente accentuata, durante la seconda metà del 1995, poco prima degli episodi eruttivi succedutisi al Cratere di NE tra il 9 novembre e il 23 dicembre.

La stazione S ha registrato trascurabili variazioni dilatative nell'arco temporale compreso tra il 1991-1993; le stazioni localizzate sui fianchi di Sud-Ovest e Nord-Est, invece, hanno registrato significative deformazioni del suolo connesse alle diverse fasi di attività vulcanica. In particolare la stazione SW, durante il periodo 1993-1995, ha evidenziato una continua espansione

areale, che ha seguito la netta fase di contrazione verificatasi tra il 1991 e il 1993; la stazione NE ha mostrato, invece, una più complessa tendenza dilatativa, caratterizzata da un netto incremento d'espansione nell'estate del 1995, poco prima dell'intensa attività eruttiva verificatasi al Cratere di NE. Anche in questo caso, la fase dilatativa ha seguito quella di intensa contrazione avvenuta tra il 1991 e il 1993.

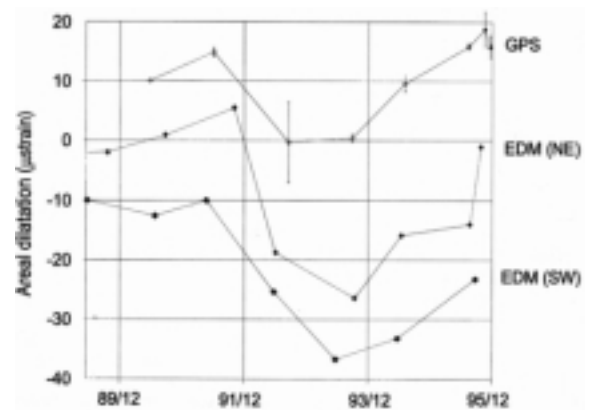


Fig. 8. Dilatazione areale registrata dalle stazioni di NE e SW nel periodo compreso tra il 1989 e il 1995 (da Bonaccorso A., Campisi O., Consoli O., Falzone G., Gambino S., Laudari G., Puglisi B., Rossi M., Velardita R., Villari L., 1998).

GENERALITA' SULLA SORVEGLIANZA DEI GAS: GLI STUDI EFFETTUATI ALL'ETNA

I gas più abbondanti emessi da un apparato vulcanico sono: il vapore acqueo (a volte in proporzioni superiori al 70%), l'anidride carbonica, l'anidride solforosa, e i composti del cloro, dello zolfo e del fluoro.

L'analisi delle emissioni gassose riveste considerevole importanza per gli studi di sorveglianza vulcanica. Le fumarole, originate dal riscaldamento dell'acqua di falda, e frequenti anche in vulcani quiescenti da lungo tempo, possono infatti subire variazioni di temperatura, e nella

composizione chimica, prima del verificarsi dell'eruzione.

Il prelievo dei gas da fumarole ad alta temperatura, in prossimità delle bocche dei vulcani attivi, è un'attività molto pericolosa, sia per la possibilità di inalare gas altamente nocivi, sia perché si rischia di rimanere coinvolti in un'eventuale eruzione.

Per la campionatura dei gas, il metodo più comunemente utilizzato è quello che prevede l'uso di una bottiglia-contenitore congiunta ad un tubo *dewar* in silice inserito in un altro tubo in silice, o in titanio, che viene direttamente posto all'interno della fumarola. I gas campionati vengono poi analizzati in laboratorio.

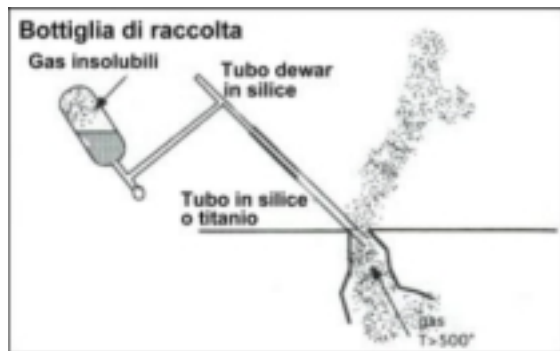


Fig. 9. Sistema di prelievo dei gas vulcanici da fumarole (adattato da Giggenbach, 1975; vd. Scandone R., Giacomelli L., 1998).

Il primo importante studio fu condotto da un team francese, sotto la guida di Tazieff, che campionò i gas fuoriusciti dalla Bocca Nuova nel corso del 1969, notando una discreta presenza di anidride carbonica.

Altre importanti analisi furono svolte da Huntingdon che campionò i gas emessi dal Cratere di NE, nel 1970, e da diverse bocche apertesesi durante la fase eruttiva del 1971. Egli confrontò, allora, i costituenti aeriformi dell'Etna (1970), del Kilauea (1918), e dell'Erta' Ale (1971 e 1974) e notò che i gas emessi dall'Etna erano particolarmente ricchi in biossido di zolfo.



Fig. 10. Fuoriuscita di cenere e gas dal Cratere di NE nel 1970 (foto di G. Scarpinati; da <http://stromboli.net/boris>).

Un importante sviluppo negli studi concernenti la composizione dei gas vulcanici fu registrato con l'introduzione dell'analisi spettroscopica dei plumi (colonne di gas e vapori).

Tra il 1993 e il 1995, nell'area etnea, vennero effettuate un totale di 165 misurazioni concernenti l'emissione media di biossido di zolfo, utilizzando uno strumento detto spettrometro di correlazione (COSPEC). Tali misurazioni, a base settimanale, vennero compiute utilizzando il metodo di esplorazione verticale, da un veicolo di terra o da un elicottero.

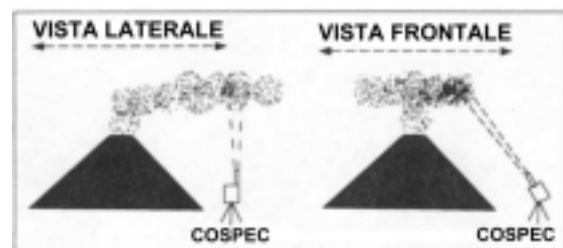


Fig. 11. Misura della concentrazione di SO_2 con il COSPEC. Lo spettrometro di correlazione utilizza come sorgente la radiazione ultravioletta diffusa dall'atmosfera e, attraverso un sistema di calibrazione, misura la percentuale di radiazione assorbita dall' SO_2 , stimando la concentrazione di biossido di zolfo lungo il cammino ottico. Il prodotto tra il profilo di assorbimento dei fumi e la velocità del vento fornisce la velocità di emissione di SO_2 (adattato da Casadeval et al., 1981; vd. Scandone R., Giacomelli L., 1998).

Tab. 4. Composizione percentuale degli aeriformi emessi dal Kilauea, nel 1918, dall'Erta' Ale, nel 1971 e nel 1974, dall'Etna, nel 1970. Il vapore acqueo (H_2O), l'anidride carbonica (CO_2) e il biossido di zolfo (SO_2) sono, in tutti e tre i casi, i principali costituenti aeriformi. In particolare, i gas emessi dall'Etna sono più ricchi in biossido di zolfo, e più poveri in anidride carbonica, rispetto a quelli del Kilauea (da Basaltic Volcanism Study Project, 1981).

Volcano	Volcanic gas compositions (mole %)							
	H_2O	H_2	CO_2	CO	SO_2	S_2	H_2S	HCl
Kilauea 1918 (1200°C)	52.30	0.79	30.87	1.00	14.95	0.12	1.03	0.14
Erta'Ale 1971 (1075°C)	69.56	1.57	17.80	0.78	8.78	0.51	0.95	–
1974 (1125°C)	78.18	1.60	11.11	0.50	7.04	0.26	0.87	0.42
Etna 1970	49.14	0.53	23.41	0.49	25.94	0.25	0.21	–

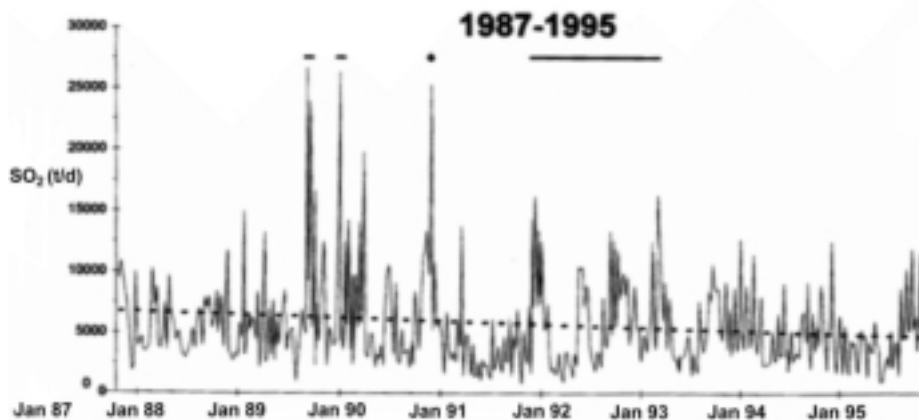


Fig. 12. La variazione nell'emissione di SO_2 , all'Etna, tra l'ottobre del 1987 e il dicembre del 1995, evidenzia un andamento tendenzialmente decrescente (da Bruno N., Caltabiano T., Furnò F., Pennisi R., Romano R., 1996).

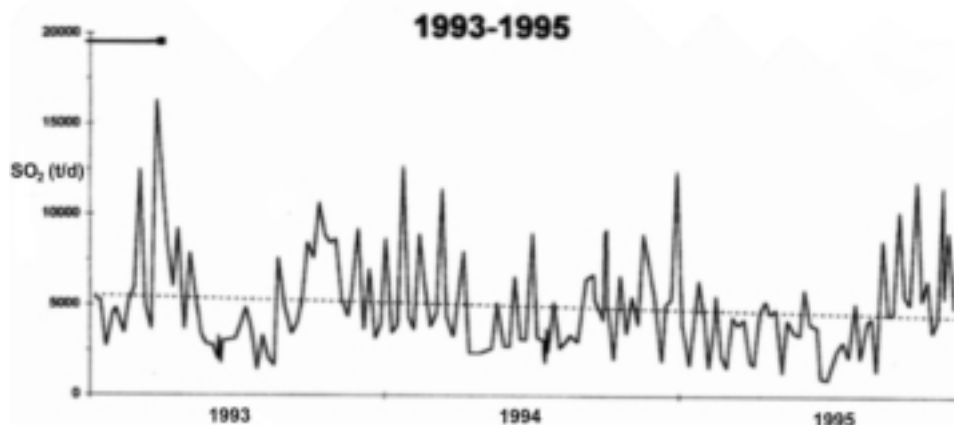


Fig. 13. La variazione nell'emissione di SO_2 , all'Etna, nel periodo compreso tra il 1993 e il 1995, conferma l'andamento tendenzialmente decrescente osservato nella figura precedente. Questo intervallo temporale è stato scelto perché compreso tra la fine dell'evento eruttivo del 1991-1993 e l'inizio dell'attività esplosiva di novembre-dicembre 1995 al Cratere di NE (da Bruno N., Caltabiano T., Furnò F., Pennisi R., Romano R., 1996).

Il 1993 fu caratterizzato da un'emissione media di biossido di zolfo di circa $5.500 \pm 9\%$ tonnellate metriche al giorno (t/d). Valori più elevati (circa 16.200 t/d) furono rilevati durante la fase conclusiva dell'eruzione del 1991-1993 (in particolare nel marzo del 1993). Valori nettamente inferiori alla media (circa 2.900 t/d) caratterizzarono, invece, l'inizio del periodo post-eruttivo (per circa 3 mesi).

Nel 1994, anno in cui non si verificarono eventi eruttivi ma solo fenomeni di degassamento, l'emissione media di biossido di zolfo fu di $4.900 \pm 11\%$ t/d.

Durante la prima metà del 1995 l'emissione di biossido di zolfo fu simile a quella registrata nel 1994; valori particolarmente bassi (circa 1.000 t/d) furono rilevati a luglio, mentre a partire dal mese successivo iniziò un continuo incremento con un picco massimo di 11.900 t/d a novembre, appena prima dell'inizio dell'attività parossistica al Cratere di NE. L'emissione media di biossido di zolfo registrata nel 1995 fu di $4.500 \pm 11\%$ t/d.

I picchi negativi registrati all'inizio del mese di luglio (valori inferiori a 930 t/d) possono essere considerati dei precursori della fase parossistica verificatasi al Cratere di NE tra novembre e dicembre. Il mese di luglio coinciderebbe, cioè, con la fine della precedente fase di degassamento, a cui ha fatto seguito la risalita del magma nel sistema di alimentazione centrale del vulcano, come testimoniato dal successivo incremento di biossido di zolfo nella seconda metà del 1995. In particolare, un picco massimo di 11.900 t/d fu osservato a novembre, immediatamente prima del verificarsi dell'evento esplosivo al Cratere di NE, mentre in concomitanza dell'attività eruttiva fu registrata un'emissione media di biossido di zolfo di circa 4.900 t/d. Un altro picco massimo (11.600 t/d) venne registrato con l'esaurirsi della fase esplosiva e fu seguito da un nuovo

decremento in concomitanza con la ripresa della fase parossistica del 23 dicembre.

Tab. 5. Fasi gassose emesse dai vulcani e contenute nell'atmosfera. Alcune specie chimiche sono più abbondanti nell'atmosfera che nei gas vulcanici. Solamente il contenuto di SO₂ (e di HCl) è nettamente più rilevante nei gas vulcanici e per tale ragione è quello maggiormente studiato (dati da Symonds et al., 1994; vd. Scandone R., Giacomelli L., 1998).

Specie	Contributo vulcanico nei fumi	Concentrazione ambientale troposferica
H ₂ O	10-20 ppm	40-40.000 ppm
CO ₂	0,5-10 ppm	300 ppm
SO ₂	1-2 ppm	0,1-70 ppb
HCl	0,1-2 ppm	1 ppb
H ₂ S	100-500 ppb	0,08-24 ppb
H ₂	5-40 ppb	540-810 ppb
CO	1-20 ppb	0,05-0,2 ppb

ppm = parti per milione
ppb = parti per miliardo

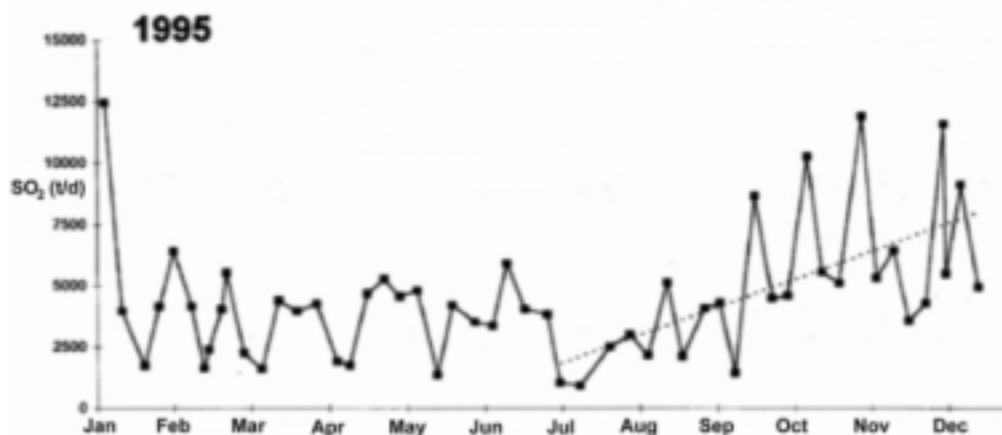


Fig. 14. La variazione nell'emissione di SO₂, all'Etna, nel corso del 1995, evidenzia un netto incremento a partire dal mese di luglio (da Bruno N., Caltabiano T., Furnò F., Pennisi R., Romano R., 1996).

Nel periodo compreso tra il 1993 e il 1995 si è cercato di valutare, anche, la concentrazione di anidride carbonica emessa dal suolo, in diverse aree limitrofe al vulcano. Studi periodici, con frequenza mensile, furono effettuati: a Zafferana Etnea-S. Venerina (ZE-SV); a Paternò (PAT); lungo una serie di punti intersecanti la parte inferiore della frattura di Sud-Est, apertasi lungo il fianco Sud-orientale del vulcano nel 1989 (SEF); e, dal maggio del 1995, in una quarta area che include i paesi di Vena e Presa (VP).

Le misure sono state eseguite in 65 punti distribuiti su un'area di circa 40 km² nel settore ZE-SV; in 68 punti distribuiti in un'area di 45 km² nel settore PAT; in 9 punti disposti lungo una linea perpendicolare alla frattura di Sud-Est; in 6 punti presenti in un'area di circa 6 km² nel settore VP.

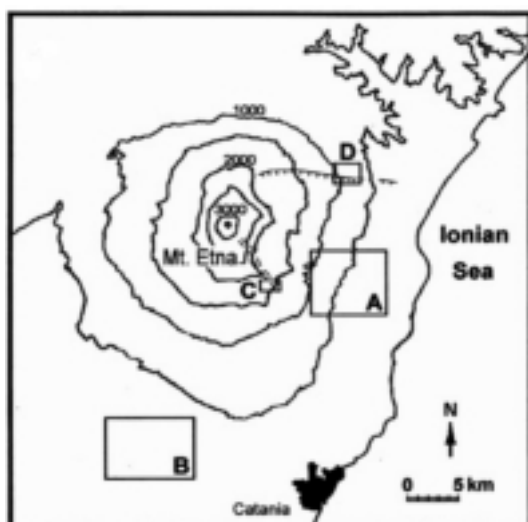


Fig. 15. Evidenziazione delle aree scelte per valutare l'emissione media mensile di CO₂. A: ZE-SV; B: PAT; C: SEF; D: VP (da Giammanco S., Gurrieri S., Principio E., Valenza M., 1996).

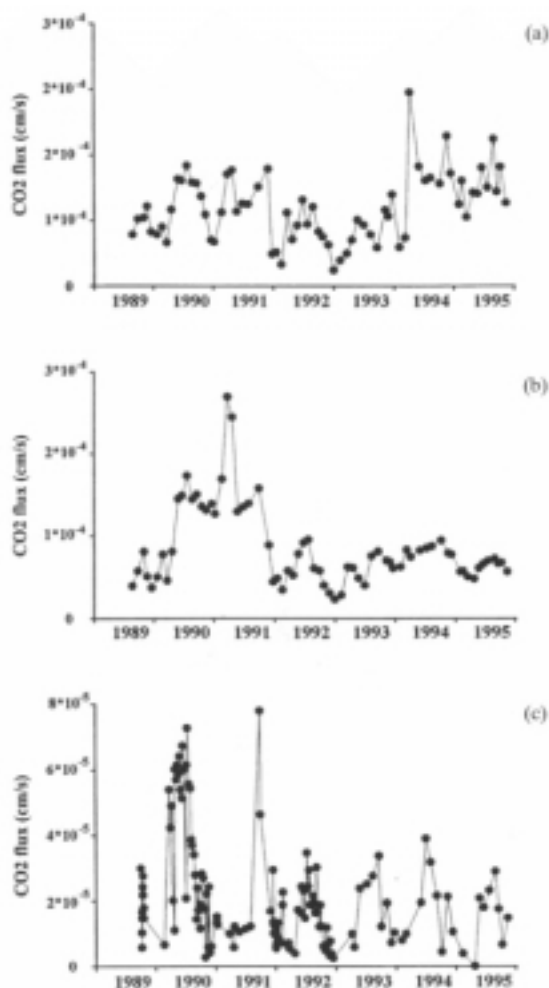


Fig. 16. Evoluzione temporale nell'emissione media di CO₂ misurata, tra l'agosto del 1989 e il dicembre del 1995, nelle aree ZE-SV (a; ove è evidente il picco massimo registrato nell'aprile del 1994), PAT (b; con picco massimo nel febbraio del 1991), e SEF (c; ove può essere evidenziata una tendenza stagionale con massimo relativo in estate e minimo relativo durante l'inverno) (da Giammanco S., Gurrieri S., Principio E., Valenza M., 1996).

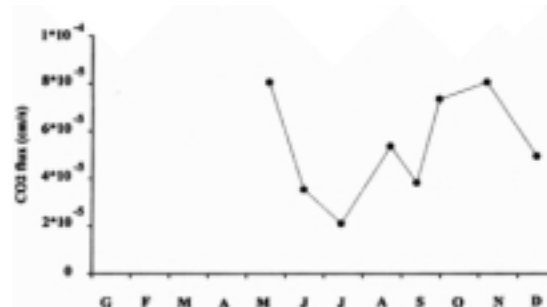


Fig. 17. L'evoluzione temporale nell'emissione media di CO₂ misurata, tra maggio e dicembre 1995, nell'area VP, mostra un'evidente variabilità, con due picchi massimi a maggio e a novembre, e con un picco minimo a luglio (da Giammanco S., Gurrieri S., Principio E., Valenza M., 1996).

IL "SISTEMA POSEIDON" E L'ISTITUTO NAZIONALE DI GEOFISICA E VULCANOLOGIA

Il "Sistema Poseidon" è un dispositivo, scaturito dall'intesa tra il Governo Nazionale ed il Governo Regionale Siciliano, destinato ad assicurare:

- Il monitoraggio sismico della Sicilia orientale;
- La ricerca sui precursori dei terremoti e delle eruzioni;
- La sorveglianza dei vulcani attivi della Sicilia.

Il "Progetto Poseidon", promosso sin dalla fine degli anni '80 per iniziativa congiunta dell'Istituto Nazionale di Geofisica e del Gruppo Nazionale per la Vulcanologia del C.N.R., è stato realizzato secondo quanto previsto nel D.L. 3 maggio 1991, n. 142, relativo ai provvedimenti in favore delle popolazioni delle province di Siracusa, Catania e Ragusa, colpite dal terremoto del dicembre 1990.

Il "Progetto Poseidon" è stato, poi, convertito dalla Legge 3 luglio 1991, n. 195, al fine di assicurare un sistema di sorveglianza sismo-vulcanologica relativo alla Sicilia orientale.

Le nuove installazioni, realizzate nell'ambito del "Sistema Poseidon", risultano strategicamente localizzate in

Sicilia orientale (province di Ragusa, Siracusa, Catania e Messina) e sono costituite da reti permanenti di monitoraggio (stazioni fisse) e da capisaldi per l'effettuazione di misure periodiche.

Le reti permanenti di monitoraggio sono collegate, mediante ponti radio e linee telefoniche, ad un centro unificato di acquisizione dati (CUAD), sito a Catania. Tale centro è dotato di sistemi di calcolo che utilizzano *software* specializzati per la creazione di una banca dati collegabile, via linea telefonica e/o satellite, con altri centri operativi, con centri di ricerca nazionali ed internazionali, e con la sede centrale della Protezione Civile e dei Servizi Tecnici Nazionali. Il CUAD svolge la funzione di acquisizione centralizzata di tutti i dati delle reti strumentali di monitoraggio e provvede ad assicurare, nell'intero arco delle 24 ore, l'analisi *on-line* degli eventi sismici e/o vulcanici che dovessero verificarsi nel territorio di competenza.

Per lo svolgimento delle proprie funzioni istituzionali il Poseidon utilizza, oltre al CUAD, centrali operative dislocate a Messina, Nicolosi (CT) e Priolo Gargallo (SR).

Alla sezione distaccata di Messina fanno capo tutte le reti strumentali per la sorveglianza sismica della Sicilia Nord-orientale.

Alla sede di Nicolosi fanno capo tutte le reti strumentali per la sorveglianza dei vulcani attivi della Sicilia.

Alla sezione distaccata di Priolo Gargallo fanno capo tutte le reti strumentali per la sorveglianza sismica della Sicilia Sud-orientale.

E' necessario precisare che solo per i vulcani lo stato attuale delle conoscenze consente di prevedere l'insorgere dell'attività eruttiva con anticipo sufficiente per far scattare i piani di Protezione Civile. La previsione dei terremoti si trova, invece, ancora in una fase di sperimentazione e di ricerca che dovrebbe, comunque, consentire il

progressivo affinamento delle conoscenze concernenti i principali fenomeni anomali e le aree esposte a maggior rischio.

I fondamentali scopi scientifici che si intendono perseguire, attraverso la realizzazione del "Sistema Poseidon", sono:

1) SORVEGLIANZA SISMICA

La sorveglianza sismica della Sicilia orientale ha l'obiettivo di consentire una più approfondita e dettagliata conoscenza dell'ubicazione delle potenziali sorgenti sismiche, e dei relativi tempi e modalità di rilascio di energia. E' fondamentale dunque:

- Effettuare studi storici approfonditi concernenti la sismicità delle varie zone;
- Installare adeguate reti permanenti di sensori ed effettuare frequenti campagne di misura sul campo, che consentano di evidenziare eventuali elementi che potrebbero modificare lo stato tensionale della crosta;
- Predisporre modelli numerici che rappresentino lo stato tensio-deformativo della crosta e ne illustrino la possibile evoluzione.

2) SORVEGLIANZA VULCANICA

Per ciò che concerne la sorveglianza delle aree di vulcanismo attivo della Sicilia si prevede di:

- Eseguire studi approfonditi delle manifestazioni vulcaniche del passato e dei meccanismi eruttivi che ne sono all'origine;
- Installare adeguate reti permanenti di sensori ed effettuare frequenti campagne di misura sul campo, che consentano di individuare eventuali elementi che contribuiscono a modificare lo stato tensionale degli edifici vulcanici;
- Predisporre modelli numerici interpretativi dei processi di penetrazione, risalita e fuoriuscita dei magmi, provvedendo al loro continuo aggiornamento.

Nel corso del 2000 le funzioni del “Sistema Poseidon” sono state assorbite dalla Sezione di Catania dell’Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia.

Ai sensi del D.L. 29 settembre 1999, n. 381, l’Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia è un ente di ricerca dotato di personalità giuridica di diritto pubblico con autonomia scientifica, organizzativa, finanziaria e contabile. Tale Istituto persegue essenzialmente le seguenti finalità:

- a. Promuove e svolge, anche nell’ambito di programmi dell’Unione Europea e di organismi internazionali, attività di ricerca in campo geofisico e vulcanologico, con particolare riferimento allo studio dei fenomeni fisici e chimici precursori dei terremoti e delle eruzioni vulcaniche;
- b. Progetta e coordina programmi nazionali, comunitari ed internazionali di ricerca finalizzati al rilevamento sistematico dei fenomeni geofisici, vulcanici e geochimici, anche per mezzo di osservatori geofisici, sismici e vulcanici;
- c. Svolge funzioni di sorveglianza sismica e vulcanica del territorio nazionale e di coordinamento delle reti sismiche regionali e locali, ivi comprese le funzioni di sorveglianza sismica e vulcanica della Sicilia orientale, di cui all’art. 2, comma 2, del D.L. 3 maggio 1991, n. 142, convertito dalla Legge 3 luglio 1991, n. 195;
- d. Provvede all’organizzazione e alla gestione della rete sismica nazionale integrata;
- e. Fornisce supporto all’attività del Gruppo Nazionale per la Difesa dai Terremoti e del Gruppo Nazionale per la Vulcanologia, dei quali è sede;
- f. Rende disponibili per tutta la comunità scientifica i dati raccolti dalle proprie reti di monitoraggio, nazionali e locali;

g. Cura la valorizzazione, lo sviluppo pre-competitivo, e il trasferimento tecnologico dei risultati delle attività di ricerca svolte dalla propria rete scientifica;

h. Fornisce supporto tecnico-scientifico alle amministrazioni pubbliche, su loro richiesta;

L’Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia si articola nelle seguenti sezioni istituzionali:

- ROMA 1, ove confluiscono le attività afferenti alle attuali unità organiche dell’Istituto Nazionale di Geofisica denominate “sismologia e fisica dell’interno della terra”
- ROMA 2, ove confluiscono le attività afferenti alle attuali unità organiche dell’Istituto Nazionale di Geofisica denominate “aeronomia” e “geomagnetismo”, e le attività concernenti “laboratori e centro elaborazione dati”;
- NAPOLI - OSSERVATORIO VESUVIANO, ove confluiscono le attività afferenti all’attuale Osservatorio Vesuviano;
- MILANO, ove confluiscono le attività afferenti all’attuale Istituto di Ricerca sul Rischio Sismico;
- PALERMO, ove confluiscono le attività afferenti all’attuale Istituto di Geochimica dei Fluidi;
- CATANIA, ove confluiscono le attività afferenti all’attuale Istituto Internazionale di Vulcanologia e all’attuale “Sistema Poseidon”.

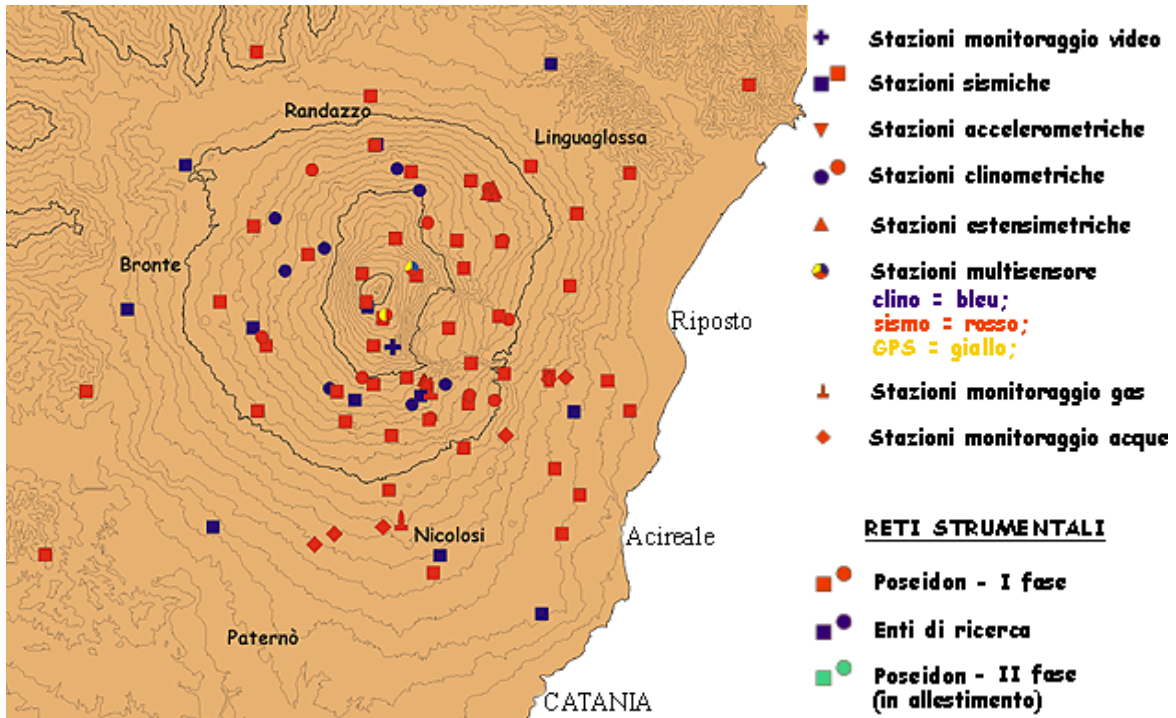


Fig. 18. Disposizione delle diverse stazioni di monitoraggio realizzate nell'ambito del "Progetto Poseidon" (da <http://www.poseidon.nti.it>; per una più completa descrizione e per una più ampia osservazione delle reti volte a garantire il monitoraggio dell'Etna consulta <http://www.ct.ingv.it>).

LA SITUAZIONE DELL'ETNA TRA GIUGNO-DICEMBRE 2000

Il "Progetto Poseidon" consente di disporre di un sistema di sorveglianza sismo-vulcanica esteso a tutta la Sicilia orientale, e di svolgere specifiche attività di ricerca concernenti i possibili precursori di terremoti ed eruzioni. Apposite reti permanenti di monitoraggio ed articolati sistemi di capisaldi consentono, dunque, di disporre di dati dettagliati e continuamente aggiornati, strettamente funzionali alle esigenze della Protezione Civile.

Per quanto riguarda la situazione sismo-vulcanica dell'area etnea è possibile sintetizzare le principali manifestazioni verificatesi dal 19-25 giugno (giorno in cui è stato registrato il 64° parossismo del Cratere di SE a partire dal 26 gennaio 2000) al 31 dicembre 2000, per mezzo delle seguenti tabelle¹:



Fig. 19. Parossismo del 24 giugno 2000 al Cratere di SE (da <http://www.poseidon.nti.it>).

Tab. 6. Principali manifestazioni sismo-vulcaniche verificatesi, nell'area etnea, nell'intervallo di tempo compreso tra il 19 giugno e il 23 luglio 2000 (dati da <http://www.poseidon.nti.it>).

SETTIMANA	ATTIVITA' SISMICA	ATTIVITA' VULCANICA
19-25 giugno	L'attività sismica registrata in Sicilia orientale, durante questa settimana, ha riguardato pressochè esclusivamente l'area etnea, che è stata interessata da numerosi eventi a bassa frequenza, e da significativi incrementi di ampiezza del tremore vulcanico, tra le 17:00 e le 22:00 del giorno 24, in stretta connessione col manifestarsi del 64° parossismo del Cratere di SE.	L'attività eruttiva dell'Etna è stata caratterizzata da un'intensa emissione di vapori dal Cratere di NE, dalla Voragine e dalla Bocca Nuova, ma soprattutto dal verificarsi del 64° parossismo del Cratere di SE, durante il quale è stata emessa una lunga colata lavica (oltre 3 km), si sono uditi fortissimi fragori, e si sono generate fontane di lava di oltre 1.000 m di altezza. Si è formata, inoltre, un'imponente nube di gas, tefra e materiale fine, che si è propagata verso l'alto con inconsueta velocità.
26 giu.-2 lugl.	Nell'area etnea sono stati registrati solamente 6 terremoti con $M_{max} = 1,6$ e proprio per la loro bassa intensità è stato possibile localizzare gli ipocentri di due soli eventi: uno individuato in prossimità di S. Alfio, il 28 giugno, con $M=1$; uno a Sud di S. Venerina, il 29 giugno, con $M=1,6$. Il tremore vulcanico non ha fatto registrare evidenti fluttuazioni e ha mostrato, per lo più, un <i>trend</i> stazionario.	Per ciò che concerne l'attività vulcanica sono stati rilevati, soltanto, fenomeni di degassamento dai vari crateri sommitali, e in particolare dalla Bocca Nuova e dalla Voragine.
3-9 luglio	Nell'area etnea sono stati rilevati soltanto 4 terremoti, connessi a fenomeni di fratturazione che hanno interessato il versante meridionale e quello orientale del vulcano. L'evento di maggiore intensità si è verificato il 3 luglio alle 04:58, ha fatto registrare una $M=1,9$ ed è stato localizzato a 1,5 km a Sud-Ovest di M. Fontane, con una profondità ipocentrale di circa 4 km. Il tremore vulcanico non ha fatto registrare alcuna significativa variazione di ampiezza.	In riferimento all'attività vulcanica vanno segnalati, solamente, deboli fenomeni di degassamento da tutti i crateri sommitali.
10-16 luglio	Presso l'area etnea è stato rilevato uno sciame sismico costituito da oltre 40 eventi con $M_{max} = 2,8$. Tale attività è stata registrata tra le 03:46 del giorno 11 e le 02:56 del giorno 14. Gli ipocentri, individuati presso l'alto versante meridionale del vulcano, sono stati localizzati, per lo più, a Est di M. Denza (ad una profondità compresa tra 6 e 10 km) e nell'area compresa tra il Rifugio Sapienza e La Montagnola (ad una profondità compresa tra 10 e 14 km). Il tremore vulcanico, invece, non ha fatto registrare variazioni di ampiezza.	Tutti i crateri sommitali sono stati protagonisti di evidenti manifestazioni di degassamento, e in particolare alla Bocca Nuova si sono verificate, anche, modeste e sporadiche emissioni di cenere.
17-23 luglio	Nell'area etnea sono stati registrati complessivamente 18 terremoti con $M_{max} = 2,5$. Il giorno 18 vi è stata la maggiore concentrazione di eventi sismici (9) ed è stato rilevato quello di magnitudo maggiore, in corrispondenza del medio versante di Nord-Est; la profondità ipocentrale è stata valutata attorno ai 25 km. Va segnalata, inoltre, una sequenza di 6 scosse di moderata energia, verificatesi il giorno 23, lungo il medio versante orientale. Relativamente al tremore vulcanico è stato registrato un <i>trend</i> pressochè stazionario.	Si sono verificati, solamente, fenomeni di degassamento da tutti i crateri sommitali.

Tab. 7. Principali manifestazioni sismo-vulcaniche verificatesi, nell'area etnea, nell'intervallo di tempo compreso tra il 24 luglio e il 20 agosto 2000 (dati da <http://www.poseidon.nti.it>).

SETTIMANA	ATTIVITA' SISMICA	ATTIVITA' VULCANICA
24-30 luglio	Gli eventi sismici registrati nell'area etnea, durante questa settimana, sono stati soltanto 4, con $1 < M < 1,7$; tre, appartenenti ad un unico <i>cluster</i> spazio-temporale, sono stati rilevati in prossimità di M. Fior di Cosimo, lungo il versante medio-orientale, con profondità ipocentrale di circa 5 km; uno è stato rilevato in prossimità dei M. Centenari, all'interno della Valle del Bove, con profondità ipocentrale di 14 km. Il tremore vulcanico, invece, non ha fatto registrare variazioni di ampiezza.	L'attività vulcanica è stata caratterizzata, esclusivamente, da fenomeni di degassamento dai vari crateri sommitali, e in particolare dalla Bocca Nuova e dal Cratere di NE.
31 lugl.-6 ago.	L'attività sismica, in Sicilia orientale, si è mantenuta su livelli modesti e ha riguardato, soprattutto, l'area etnea, ove sono stati registrati 7 eventi sismici con $1 < M < 2,5$, localizzati prevalentemente in prossimità di M. Intraleo, lungo il versante occidentale del vulcano, a circa 10 km di profondità. Vanno segnalati, inoltre, 2 eventi avvenuti appena a Nord di Tardaria, lungo il versante Sud-orientale dell'Etna, il 31 luglio e il 1° agosto, rispettivamente con $M=2$ (e profondità ipocentrale di circa 7 km) e $M=1,5$ (e profondità ipocentrale di circa 15 km).	Per ciò che concerne l'attività vulcanica, vanno segnalati, esclusivamente, fenomeni di intenso degassamento dai crateri sommitali, e in particolar modo dalla Bocca Nuova e dal Cratere di NE.
7-13 agosto	Nell'area etnea, durante questa settimana, è stato rilevato un numero piuttosto esiguo di terremoti. Sono state registrate, per lo più, scosse di bassa intensità ($M_{max} = 1,5$) lungo il fianco meridionale dell'edificio vulcanico, a profondità comprese tra 7 e 10 km. Nessuna significativa variazione è stata osservata, poi, nei valori di ampiezza del tremore vulcanico, che ha fatto registrare, sostanzialmente, un <i>trend</i> stazionario.	L'attività vulcanica è stata caratterizzata, esclusivamente, da fenomeni di degassamento dai crateri sommitali, con particolare riferimento alla Bocca Nuova e al Cratere di NE.
14-20 agosto	L'attività sismica rilevata in Sicilia orientale, durante questa settimana, si è mantenuta su livelli energetici modesti, interessando principalmente l'area etnea, in cui sono state rilevate 21 scosse con $1 < M < 2,3$. Gli eventi più intensi, per i quali è stato possibile individuare la localizzazione, si sono verificati lungo il versante meridionale e orientale del vulcano. L'evento con magnitudo più elevata ($M=2,3$) è stato registrato alle 17:43 del giorno 16, l'epicentro è stato individuato in corrispondenza dell'alto versante meridionale, e la profondità ipocentrale è stata valutata tra 7 e 12 km. Il tremore vulcanico, da parte sua, ha fatto rilevare un lievissimo incremento di ampiezza nelle prime ore di venerdì 18.	L'attività vulcanica è consistita, essenzialmente, in processi di degassamento dai vari crateri sommitali, e in particolare dal Cratere di NE e dalla Bocca Nuova. L'attività di degassamento dalla Bocca Nuova è stata costante e di notevole intensità, tale da generare imponenti plumi, su cui hanno svolto un ruolo di fondamentale importanza le condizioni meteorologiche, e soprattutto la direzione e la velocità dei venti.

Tab. 8. Principali manifestazioni sismo-vulcaniche verificatesi, nell'area etnea, nell'intervallo di tempo compreso tra il 21 agosto e il 3 settembre 2000 (dati da <http://www.poseidon.nti.it>).

SETTIMANA	ATTIVITA' SISMICA	ATTIVITA' VULCANICA
21-27 agosto	<p>L'area etnea è stata interessata da due eventi sismici connessi a processi di fatturazione, avvenuti in corrispondenza del medio versante meridionale del vulcano; uno in prossimità di M. Denza, alle 21:26 del giorno 26, con $M=1,9$, e uno a circa 1,5 km a Sud di M. Parmentelli, alle 06:47 del giorno 27, con $M=1,6$.</p> <p>Per ciò che concerne il tremore vulcanico notevoli incrementi di ampiezza sono stati registrati in concomitanza con la fase di intenso degassamento, e in relazione con le manifestazioni esplosive a carattere stromboliano verificatesi al Cratere di SE il giorno 28.</p>	<p>Dopo poco più di due mesi di totale quiescenza, il Cratere di SE è tornato in attività; nel pomeriggio del 26 è stato registrato un debole efflusso lavico, fuoriuscito da una frattura presente lungo il versante settentrionale del Cratere di SE, che si è riversato nella Valle del Bove, fino a quota 2.200 m s.l.m. Il tasso di alimentazione della colata è stato modesto per tutto il giorno 27 e ha subito un notevole incremento durante la notte del 27, per diminuire drasticamente col sopraggiungere della fase di degassamento. Alle 01:35 del giorno 28 ha avuto inizio una fase di intenso degassamento e sono state registrate, anche, manifestazioni esplosive di tipo stromboliano. Dalle ore 06:00 di lunedì 28 si sono succedute diverse fontane laviche e si è generata, anche, una nube eruttiva alta alcune migliaia di m, sospinta dai venti verso Est.</p> <p>L'attività vulcanica del Cratere di NE, invece, è stata, per buona parte della settimana, caratterizzata da ricorrenti fasi di emissione di ceneri grigio brune.</p>
28 ago.-3 sett.	<p>L'area etnea è stata interessata da 5 eventi sismici connessi a processi di fatturazione; due eventi sono stati localizzati poco al largo della costa ionica ($M=1,5$ e $M=1,9$); tre sono stati individuati in corrispondenza del medio versante orientale del vulcano ($M=1,5$; $M=1,7$; $M=2$).</p> <p>Incrementi significativi nell'ampiezza del tremore vulcanico sono stati registrati in concomitanza con il verificarsi di episodi di intenso degassamento e attività di tipo stromboliano al Cratere di SE.</p>	<p>Un intenso episodio di degassamento, al Cratere di SE, è stato registrato la mattina del 29, durante la quale si sono verificate, anche, esplosioni a carattere stromboliano. La fase parossistica, tuttavia, non ha raggiunto i livelli dell'episodio precedente (avvenuto durante il giorno 28), pur se una discreta quantità di brandelli di magma e materiali piroclastici è stata lanciata fino a circa 200 m di altezza. Va ricordato, inoltre, che dalle 22:00 del giorno 28 è stata segnalata anche l'emissione di una nuova colata, dal versante settentrionale del Cratere di SE, che si è riversata nella Valle del Bove, fino a quota 2.100 m s.l.m., impostandosi sopra a quella emessa durante la precedente attività.</p> <p>Gli altri crateri sommitali hanno fatto registrare, esclusivamente, deboli emissioni di vapori, eccezion fatta per la Bocca Nuova, da dove si è verificata, anche, la frequente fuoriuscita di ceneri brune.</p>



Fig. 20. Veduta aerea dei crateri sommitali dell'Etna dopo la fase parossistica del 29 agosto 2000; da uno dei crateri della Bocca Nuova (in basso a destra) è ancora evidente l'emissione di ceneri brune (da <http://www.poseidon.nti.it>).



Fig. 21. Veduta aerea della Voragine (a sinistra) e della Bocca Nuova (a destra), durante la settimana compresa tra il 4 e il 10 settembre 2000. In secondo piano (al centro) la cavità più meridionale della Bocca Nuova è ancora protagonista di abbondante emissione di ceneri brune (da <http://www.poseidon.nti.it>).

Tab. 9. Principali manifestazioni sismo-vulcaniche verificatesi, nell'area etnea, nell'intervallo di tempo compreso tra il 4 settembre e il 1° ottobre 2000 (dati da <http://www.poseidon.nti.it>).

SETTIMANA	ATTIVITA' SISMICA	ATTIVITA' VULCANICA
4-10 settembre	Nell'area etnea sono stati registrati 25 eventi con $M_{max} = 2,2$. Il settore maggiormente interessato dall'attività sismica è stato quello orientale presso cui vanno segnalati 9 eventi, verificatisi tra le ore 12:34 del giorno 6 e le 21:15 del giorno 7, le cui profondità ipocentrali sono state comprese tra 4 e 9 km. Il tremore vulcanico ha fatto registrare valori di ampiezza stazionari, con modeste fluttuazioni tra il giorno 6 e il giorno 9.	L'attività dei crateri sommitali è stata caratterizzata, principalmente, da abbondanti emissioni di vapori, soprattutto dalla Bocca Nuova protagonista, anche, di notevoli emissioni di ceneri brune.
11-17 sett.	L'attività sismica verificatasi in Sicilia orientale, nel corso di questa settimana, ha riguardato prevalentemente l'area etnea. L'evento più intenso ($M=2,1$ e profondità ipocentrale di circa 12 km) è stato registrato alle ore 15:06 del giorno 15, ed è stato preceduto di 5 minuti da un'altra scossa di $M=1,2$. Gli epicentri sono stati individuati lungo il medio versante orientale, in prossimità del Rifugio Citelli. Il versante meridionale è stato interessato da una dozzina di micrososse ($M_{max} = 1,5$) durante i giorni 11 e 12; da 2 eventi di $M=1,7$ e $M=1,5$ il giorno 13; e da un'ulteriore scossa, di $M=2$ e profondità ipocentrale di 11 km, il giorno 17. Il tremore vulcanico non ha fatto registrare significative variazioni di ampiezza e ha mostrato un andamento pressochè stazionario.	La Bocca Nuova ha fatto registrare abbondante emissione di cenere e vapori, mentre meno intenso è risultato il processo di degassamento dagli altri crateri sommitali, e in particolare dal Cratere di SE.
18-24 sett.	La sismicità rilevata in Sicilia orientale, durante questa settimana, ha interessato soprattutto l'area etnea. In particolare, alle 06:07 del giorno 20, è stata registrata una scossa piuttosto superficiale (circa 2 km) di $M=2,3$, a 1 km a Nord di Trecastagni, ove l'evento è stato sensibilmente avvertito dalla popolazione. Il giorno seguente, uno sciame di 17 scosse ($M_{max} = 3,1$) è stato registrato lungo il medio versante orientale, tra S. Alfio e Fornazzo. Il tremore vulcanico ha fatto registrare un andamento pressochè stazionario, eccezion fatta per brevi e moderate fluttuazioni di ampiezza.	I vari crateri sono stati caratterizzati unicamente da fenomeni di degassamento. Solo la Bocca Nuova è stata protagonista, anche, di abbondanti emissioni di ceneri grigio scure, e più raramente brune, che hanno a volte originato dei plumi alti diversi km.
25 sett.-1 ott.	Nell'area etnea sono stati registrati 24 eventi sismici con $M_{max} = 2,7$, di cui solo per 8 è stato possibile individuare la localizzazione, vista la bassa intensità delle altre scosse. Il settore maggiormente coinvolto è stato quello orientale, ove il giorno 26 si sono verificati 6 eventi, tra cui quello di $M=2,7$, localizzato in prossimità di Fornazzo ad una profondità di 6 km. Il tremore vulcanico ha fatto registrare un andamento quasi stazionario con lievissime fluttuazioni di ampiezza.	La Bocca Nuova è stata caratterizzata da abbondante emissione di vapori spesso associata ad una copiosa espulsione di ceneri, che è andata progressivamente diminuendo tra il giorno 25 e il giorno 27. Per ciò che concerne la Voragine e il Cratere di NE, vanno segnalate intense emissioni di vapori; il Cratere di SE, invece, è stato interessato solo da un blando degassamento.

Tab. 10. Principali manifestazioni sismo-vulcaniche verificatesi, nell'area etnea, nell'intervallo di tempo compreso tra il 2 e il 29 ottobre 2000 (dati da <http://www.poseidon.nti.it>).

SETTIMANA	ATTIVITA' SISMICA	ATTIVITA' VULCANICA
2-8 ottobre	La sismicità rilevata in Sicilia orientale, durante questa settimana, si è mantenuta su livelli piuttosto modesti e ha interessato, principalmente, l'area etnea, in cui si sono verificate 11 scosse: 9 presso il medio-alto versante occidentale e meridionale ($M_{max} = 2,3$); 2 in prossimità di Randazzo con $M=1,8$ e $M=1,6$. L'ampiezza del tremore vulcanico ha mostrato un andamento pressochè stazionario, eccezion fatta per brevi e modeste fluttuazioni.	Alla Bocca Nuova sono state registrate abbondanti emissioni di ceneri e deboli attività a carattere stromboliano. La Voragine e il Cratere di NE sono stati protagonisti di sostenute emissioni di vapori.
9-15 ottobre	L'attività sismica rilevata in Sicilia orientale, nel corso di questa settimana, è stata piuttosto modesta e ha interessato, principalmente, l'area etnea ove va segnalato, in particolare, uno sciame sismico costituito da 9 scosse con $M \geq 1$, avvenuto il giorno 10, tra le 04:54 e le 05:46. L'evento principale, con $M=2,4$, e profondità ipocentrale di 5 km, si è verificato in corrispondenza del Rifugio Citelli. Lo stesso giorno, tra le 11:44 e le 14:59, è stata registrata una nuova sequenza di 13 scosse, che ha interessato il settore occidentale dell'Etna. L'evento principale, con $M=2,5$, e profondità ipocentrale di 17 km, è stato individuato a Nord-Est di M. Ruvolo. Per ciò che concerne il tremore vulcanico vanno segnalati lievi e temporanei aumenti di ampiezza, registrati in concomitanza con il verificarsi di attività stromboliane presso la Bocca Nuova.	Alla Bocca Nuova è proseguita l'intensa emissione di ceneri e si sono verificate nuove e contenute manifestazioni a carattere stromboliano, con lanci di grosse bombe e brandelli di magma incandescenti che, difficilmente, sono ricaduti al di fuori dell'orlo craterico. Alla Voragine e ai Crateri di NE e di SE è stata segnalata una copiosa emissione di gas e vapori.
16-22 ottobre	Il fianco meridionale dell'edificio vulcanico dell'Etna è stato quello maggiormente interessato da attività sismica. La scossa maggiore ($M=2,3$) si è verificata il 19 ottobre alle 04:22, in prossimità di M. Arcimis, e ha fatto rilevare una profondità ipocentrale di circa 8 km. Uno sciame di 12 scosse, con $1 < M < 2$, è stata, inoltre, registrata tra la notte del 17 e la mattina del 18, in corrispondenza del medio versante Sud-occidentale, poco a Sud di M. Intraleo. Tali scosse hanno avuto una profondità ipocentrale compresa tra 6 e 9 km. Per quanto riguarda il tremore vulcanico sono stati rilevati leggeri e momentanei incrementi dell'ampiezza media.	La Bocca Nuova è stata caratterizzata da abbondanti emissioni di vapori e ceneri scure, che hanno generato plumi di alcuni km di altezza, e dal manifestarsi di deboli attività a carattere stromboliano, con lancio di brandelli di magma incandescente che, raramente, sono ricaduti al di là dell'orlo craterico. Alla Voragine e al Cratere di NE si sono verificate modeste emissioni di vapori. Presso il Cratere di SE è stata rilevata, invece, la persistenza di fumarole.
23-29 ottobre	Nell'area etnea sono state registrate solo micrososse, con $1 < M < 1,9$, eccezion fatta per un terremoto di $M=2,7$ avvenuto alle 05:05 del 29 ottobre, lungo il versante Sud-occidentale, in prossimità di M. Intraleo, con ipocentro compreso tra 7 e 12 km. Per ciò che concerne il tremore vulcanico sono stati registrati moderati aumenti di ampiezza in concomitanza con i periodi di più intensa attività alla Bocca Nuova. In particolare, i massimi incrementi di ampiezza sono stati rilevati il giorno 24 e il giorno 29.	La Bocca Nuova è stata caratterizzata da abbondante emissione di cenere e attività di tipo stromboliano, per lo più intracraterica; solo nei giorni 24 e 29 è stato segnalato un sensibile incremento di intensità, con lancio di bombe al di là dell'orlo craterico, in direzione Sud. Presso la Voragine e i Crateri di NE e SE è stata registrata solamente emissione di vapori.



Fig. 22. Abbondante emissione di cenere dalla Bocca Nuova il giorno 17 ottobre 2000 (foto di B. Behncke; da <http://stromboli.net/boris>).



Fig. 23. Debole attività stromboliana verificatasi alla Bocca Nuova il 25 ottobre 2000 (foto di T. Boeckel; da <http://stromboli.net/boris>).

Tab. 11. Principali manifestazioni sismo-vulcaniche verificatesi, nell'area etnea, nell'intervallo di tempo compreso tra il 30 ottobre e il 19 novembre 2000 (dati da <http://www.poseidon.nti.it>).

SETTIMANA	ATTIVITA' SISMICA	ATTIVITA' VULCANICA
30 ott.-5 nov.	L'attività sismica registrata durante questa settimana, nell'area etnea, è stata caratterizzata da notevole rilascio di energia. Si è verificato, infatti, un prolungato sciame sismico lungo il versante orientale del vulcano, in prossimità di M. Vetore, dalle ore 16:59 di domenica 5 novembre. Dopo 4 scosse premonitrici è iniziato lo sciame costituito da 104 microsismi. L'evento massimo ha fatto registrare una $M=3,1$ e solo altre 6 scosse hanno fatto registrare intensità di poco inferiori. I giorni precedenti erano state registrate 11 scosse con $1,2 < M < 2,4$, senza una concentrazione specifica. Nei periodi di maggiore attività esplosiva, ai crateri sommitali, sono stati registrati temporanei e moderati aumenti di ampiezza del tremore vulcanico.	Alla Bocca Nuova sono state registrate manifestazioni di tipo stromboliano da due diversi punti di emissione: a Nord-Ovest, con continue attività esplosive e lancio di brandelli lavici fino a 100-150 m di altezza, che frequentemente sono ricaduti al di là dell'orlo craterico; a Sud-Est, con esplosioni meno intense e continue, spesso intervallate da prolungate emissioni di ceneri. Cospicue emissioni di vapori si sono verificate, poi, dalla Voragine e dal Cratere di NE.
6-12 novembre	L'area etnea è stata interessata, nel corso di questa settimana, da notevole rilascio di energia. Lo sciame sismico iniziato alle 16:59 di domenica 5, lungo il versante orientale del vulcano, si è concluso il giorno seguente, durante il quale sono stati segnalati 17 eventi con intensità medio bassa ($1 < M < 2,1$), eccezion fatta per uno di $M=2,7$. Per ciò che riguarda gli altri versanti dell'edificio vulcanico, vanno segnalati, in particolare, 2 eventi verificatisi il giorno 7, con $M=2,2$ e $M=1,6$, in prossimità dei M. Centenari (Valle del Bove), con profondità ipocentrale di circa 4 km. L'8 novembre, inoltre, lungo il versante meridionale, in corrispondenza de La Montagnola, sono stati registrati due terremoti, con $M=1,8$ e $M=1,5$. Lungo il versante orientale, invece, il giorno 9 è stato rilevato un terremoto con $M=1,2$. Ricordiamo, infine, che il giorno 12 sono state registrate 21 scosse con $M \leq 2,3$, tranne una con $M=2,7$. Per ciò che concerne la localizzazione degli epicentri, sono stati individuati tutti lungo l'alto versante meridionale. Relativamente al tremore vulcanico sono state registrate deboli fluttuazioni di ampiezza.	Alla Bocca Nuova è proseguita l'attività a carattere debolmente stromboliano, da due distinte cavità poste nei settori Nord-occidentale e Sud-orientale; in corrispondenza di quest'ultimo si è verificata, anche, una cospicua emissione di cenere. La Voragine e il Cratere di NE sono stati caratterizzati, invece, dall'abbondante emissione di vapori.
13-19 novembre	L'attività sismica registrata in Sicilia orientale ha interessato principalmente l'area etnea. In particolare, il giorno 14 sono state rilevate 11 scosse. L'evento più intenso è stato avvertito alle 04:15 in corrispondenza del medio versante meridionale (presso M. Vetore), ad una profondità di 8 km ($M=2,4$). Lungo lo stesso versante, tra M. dei Santi e M. Parmentelli, sono state rilevate altre 9 scosse con $1 < M < 2,3$. Inoltre un evento sismico con $M=2,7$ è stato registrato in corrispondenza del settore occidentale (presso M. Intraleo) che nei giorni successivi è stato interessato da altre 3 scosse con $1,8 < M < 1,9$. Infine vanno segnalati 3 eventi verificatisi lungo il versante Sud-orientale dell'Etna (presso M. Arcimis), il giorno 19, con $M_{max} = 2,1$. Il tremore vulcanico ha fatto registrare, invece, un andamento pressochè stazionario.	La Bocca Nuova è stata protagonista di un'intensa e continua attività a carattere stromboliano che, nelle fasi più intense, ha fatto rilevare il lancio di brandelli di magma incandescente ben oltre l'orlo craterico. La Voragine e il Cratere di NE sono stati caratterizzati da intensa emissione di vapori.

Tab. 12. Principali manifestazioni sismo-vulcaniche verificatesi, nell'area etnea, nell'intervallo di tempo compreso tra il 20 novembre e il 10 dicembre 2000 (dati da <http://www.poseidon.nti.it>).

SETTIMANA	ATTIVITA' SISMICA	ATTIVITA' VULCANICA
20-26 novembre	<p>L'area etnea è stata caratterizzata da significativi rilasci di energia, specialmente all'inizio della settimana. In particolare, il giorno 20 è stata registrata una sequenza di 20 scosse lungo il medio versante Nord-occidentale del vulcano. Il sisma più intenso ($M=3,2$) si è verificato alle 23:41, ed è stato avvertito soprattutto presso i centri abitati di Maletto, Randazzo e Bronte. In corrispondenza dell'alto versante meridionale è stata, invece, registrata una sismicità temporalmente meno concentrata e la scossa principale ($M=2,5$) è stata avvertita alle 10:01 del giorno 22. Vanno poi segnalati 2 eventi lungo il medio versante occidentale, rispettivamente in prossimità di M. Intraleo ($M=1,8$) e di M. Ruvolo ($M=1,9$), e 1 lungo il medio versante Sud-occidentale, in prossimità di M. dei Santi ($M=2$).</p> <p>Relativamente al tremore vulcanico vanno segnalati graduali e temporanei aumenti di ampiezza il giorno 20; durante il resto della settimana, invece, è stato registrato un andamento pressochè stazionario.</p>	<p>La Bocca Nuova è stata protagonista di nuove manifestazioni a carattere stromboliano, spesso associate a intense emissioni di gas e vapori. Nessuna significativa manifestazione è stata, invece, rilevata dagli altri crateri sommitali.</p>
27 nov.-3 dic.	<p>L'attività sismica registrata in Sicilia orientale durante questa settimana si è concentrata prevalentemente nell'area etnea, ove un'importante sequenza sismica è stata rilevata il giorno 28, ed è stata costituita da 5 scosse di $1,9 < M < 2,9$, localizzate lungo il versante Nord-orientale del vulcano. Anche gli altri settori dell'edificio sono stati, comunque, interessati da attività sismica e in particolare lungo il medio versante Sud-occidentale sono state registrate 6 scosse con $1,5 < M < 2,5$; lungo l'alto versante meridionale si sono verificate 5 scosse con $1,3 < M < 2$; lungo il medio versante Sud-orientale (circa 2 km a Nord-Ovest di Tardaria) vanno segnalate 2 scosse con $M=1,3$ e $M=2,1$.</p> <p>Il tremore vulcanico ha mostrato un andamento pressochè stazionario, eccezion fatta per brevi e modestissime fluttuazioni di ampiezza.</p>	<p>La Bocca Nuova è stata caratterizzata da manifestazioni di tipo stromboliano, generalmente di bassa energia, che solo occasionalmente hanno eiettato brandelli di magma incandescente a rilevanti distanze dall'orlo craterico.</p> <p>Il giorno 29, da una frattura presente sul fianco settentrionale del Cratere di SE, è fuoriuscita una piccola colata lavica protrattasi per circa 200 m.</p> <p>Dalla Voragine e dal Cratere di NE, invece, vanno segnalate solamente costanti emissioni di vapori.</p>
4-10 dicembre	<p>La sismicità rilevata in Sicilia orientale si è mantenuta, durante questa settimana, entro livelli moderati e ha interessato principalmente l'area etnea. L'evento di maggiore intensità ($M=3,1$) è stato rilevato alle 06:14 del giorno 6, presso il basso versante Sud-occidentale dell'edificio vulcanico (ad Ovest dell'abitato di S. Maria di Licodia), ad una profondità di circa 3 km. Vanno segnalati, poi, altri 4 eventi: il giorno 4, alle 12:24, presso Punta Lucia, con $M=2$ e profondità ipocentrale di 21 km; il giorno 8, alle 21:02, nella zona di Torre del Filosofo, con $M=1,6$ e profondità ipocentrale di 7 km; il giorno 6, alle 09:40, presso M. Baracca, con $M=1,3$ e profondità ipocentrale di 4 km; il giorno 9, alle 17:52, in prossimità dei M. Centenari, con $M=2,1$ e profondità ipocentrale di 4 km.</p> <p>Per ciò che concerne il tremore vulcanico vanno segnalate solo deboli e sporadiche fluttuazioni nei valori di ampiezza.</p>	<p>L'attività vulcanica è stata caratterizzata, esclusivamente, dall'emissione di vapori dai vari crateri sommitali; anche la Bocca Nuova non ha fatto registrare, nel corso di questa settimana, ulteriori manifestazioni a carattere stromboliano.</p>

Tab. 13. Principali manifestazioni sismo-vulcaniche verificatesi, nell'area etnea, nell'intervallo di tempo compreso tra l'11 e il 31 dicembre 2000 (dati da <http://www.poseidon.nti.it>).

SETTIMANA	ATTIVITA' SISMICA	ATTIVITA' VULCANICA
11-17 dicembre	<p>La sismicità registrata in Sicilia orientale, nel corso di questa settimana, ha riguardato soprattutto l'area etnea, interessando in particolar modo il medio versante orientale, ove vanno segnalati 5 eventi sismici. Quattro si sono verificati il giorno 12, tra le 00:35 e le 00:50 (con $1,3 < M < 1,7$ e profondità ipocentrale compresa tra 3,6 e 4,6 km); uno si è verificato il giorno 15 alle ore 01:00 ($M=1,7$ e profondità ipocentrale di 2,7 km). Il giorno 13 sono stati segnalati, poi, altri 3 eventi (con $1,4 < M < 2,1$ e profondità ipocentrale compresa tra 5,5 e 6,7 km) lungo il medio versante orientale del vulcano, circa 2 km a Nord-Nordovest dall'abitato di Fornazzo. Infine, 7 eventi sismici sono stati registrati, nell'area sommitale del vulcano, tra le ore 00:13 del giorno 11 e le 21:45 del giorno 16 (con $1,2 < M < 2,8$ e profondità ipocentrale compresa tra 3,3 e 6,4 km).</p> <p>Per ciò che concerne il tremore vulcanico non si sono verificate significative variazioni di ampiezza.</p>	<p>I vari crateri sommitali non sono stati protagonisti di alcuna attività degna di nota e la loro continua osservazione è stata agevolata, anche, dalle condizioni meteorologiche particolarmente favorevoli.</p>
18-24 dicembre	<p>La sismicità rilevata in Sicilia orientale, durante questa settimana, ha interessato soprattutto l'area etnea, ove la scossa più intensa ($M=2,6$ e profondità ipocentrale di circa 2 km) è stata registrata il giorno 21 alle ore 13:28, in prossimità dell'abitato di Paternò (basso versante Sud-occidentale). La maggior parte degli altri eventi sismici si sono verificati lungo il versante meridionale e orientale del vulcano. In particolare, l'area de La Montagnola-Schiena dell'Asino è stata interessata da 4 scosse (con $M_{max} = 2$ e profondità ipocentrale compresa tra 4 e 7 km) il giorno 21. Alcuni eventi isolati sono stati registrati, poi, in prossimità dei M. Centenari (il giorno 21; $M=2$), in corrispondenza dei crateri sommitali (il giorno 21; $M=2$ e ipocentro particolarmente profondo, circa 20 km) e in prossimità di Due Monti, lungo l'alto versante orientale (il giorno 21; $M=2$). Altre 2 scosse si sono verificate, lungo il medio-basso versante orientale, in prossimità di M. Fontane e di Zafferana Etnea ($M_{max} = 1,4$ e profondità ipocentrale di entrambi di circa 8 km).</p> <p>Il tremore vulcanico non ha fatto rilevare significative variazioni di ampiezza.</p>	<p>Le manifestazioni vulcaniche verificatesi ai crateri sommitali dell'Etna sono state caratterizzate, esclusivamente, dalla lenta emissione di vapori, resa più o meno appariscente dal tasso di umidità atmosferica.</p>
25-31 dicembre	<p>L'attività sismica registrata nel corso dell'ultima settimana dell'anno è stata piuttosto modesta e ha riguardato pressochè esclusivamente l'area etnea, ove l'evento di maggior rilievo si è verificato alle 20:57 del giorno 27, lungo il basso versante settentrionale del vulcano, circa 2 km a Sud dell'abitato di Solicchiata ($M=2,8$ e profondità ipocentrale di circa 16 km). Il giorno 31 alle ore 18:08, invece, un sisma lievemente meno intenso ($M=2,6$) ma con ipocentro molto meno profondo (circa 4 km) si è verificato in corrispondenza del medio versante orientale del vulcano, in prossimità di M. Calanna. Vanno menzionati, infine, 5 microsismi ($1,3 \leq M \leq 1,8$) succedutisi nell'arco di cinque minuti, a partire dalle 17:27 del giorno 27, e verificatisi circa 2 km ad Ovest dei crateri sommitali.</p> <p>Il tremore vulcanico non ha fatto rilevare significative variazioni di ampiezza.</p>	<p>Durante questa settimana, l'osservazione diretta dell'area craterica è stata resa difficile dalle avverse condizioni meteorologiche (tra cui abbondanti precipitazioni nevose). Tuttavia, una copiosa emissione di vapori è stata osservata dalla Bocca Nuova mentre, in generale, per ciò che concerne gli altri crateri sommitali non sono state osservate significative modificazioni dello stato di quiescenza rilevato nel corso delle settimane precedenti.</p>

ⁱ E' opportuno ricordare che il Cratere di SE è stato protagonista di un'intensa attività eruttiva anche nei mesi di luglio-agosto 2001. In seguito allo sciame sismico verificatosi la notte del 12 luglio, e alle sensibili deformazioni del suolo registrate tra la notte del 12 luglio e il 15 dello stesso mese, la mattina del giorno 17, dalla base del Cratere di SE, è iniziata la fuoriuscita di una colata lavica diretta verso la Valle del Bove.

A partire dal 17 è cominciata, inoltre, l'apertura di una serie di fratture, tra cui vanno segnalate quella apertasi durante il pomeriggio dello stesso giorno, tra 2.800 e 2.650 m, a Sud di Torre del Filosofo, e quella apertasi intorno alle ore 03:00 del giorno 18, a quota 2.100 m, protagoniste dell'emissione di colate e fontane laviche e di attività di tipo stromboliano che si sono succedute per tutto il mese di luglio. Va segnalata, inoltre, l'apertura di due crateri a pozzo, il giorno 19, a quota 2.550 m sul fianco Nord de La Montagnola, responsabili di cospicue emissioni di ceneri e di ingenti trabocchi lavici.

Nel mese di agosto l'attività si è andata progressivamente esaurendo e si è per lo più limitata ad una consistente emissione di cenere che ha determinato interruzioni del traffico aereo, come già avvenuto il 22 luglio quando una notevole nube di cenere aveva reso necessaria la chiusura dell'aeroporto di Catania per alcune ore.

E' importante sottolineare che, soprattutto tra il 26 e il 31 luglio, una serie di piccole colate fuoriuscite dalle bocche di 2.550 m hanno distrutto la Stazione Superiore della Funivia e i piloni dello *skilift*, minacciando seriamente anche il Rifugio Sapienza e richiedendo così l'erezione di alti argini, l'utilizzo delle ruspe e un costante intervento della Protezione Civile.

Per una più approfondita ricostruzione dell'eruzione del Cratere di SE nei mesi di luglio ed agosto 2001 vedi <http://vulcan.fis.uniroma3.it>

Bibliografia

Accordi B., Palmieri E.L., *Il globo terrestre e la sua evoluzione*, Zanichelli, Bologna, 1987, pp. 190-231.

Bonaccorso A., Campisi O., Consoli O., Falzone G., Gambino S., Laudari G., Puglisi B., Rossi M., Velardita R., Villari L., "Etna: Ground deformation monitoring", in <<Acta Vulcanologica>>, 10 (1), 1998, pp. 154-158.

Bruno N., Caltabiano T., Furnò F., Pennisi R., Romano R., "SO₂ emission from Mt. Etna during 1993-1995", in <<Acta Vulcanologica>>, 8 (2), 1996, pp. 215-216.

Budetta G., Carbone D., Greco F., "Etna: Temporal variations of the gravity field 1993-1995", in <<Acta Vulcanologica>>, 10 (1), 1998, pp. 182-187.

Chester D.K., Duncan A.M., Guest J.E., Kilburn C.R.J., *Mount Etna. The anatomy of a volcano*, Chapman and Hall, London, 1985.

Cortini M., Scandone R., *Un'introduzione alla vulcanologia*, Liguori, Napoli, 1987.

Cosentino M., "Relationship between seismicity and eruptive activity of Mt. Etna", in <<Mem. Soc. Geol. Ital.>>, 23, 1982, pp. 174-181.

Cosentino M., Lombardo G., Patanè G., Schick R., Sharp A.D.L., "Seismological researches on Mount Etna: state of the art and recent trends", in <<Mem. Soc. Geol. Ital.>>, 23, 1982, pp. 159-202.

Giammanco S., Gurrieri S., Principio E., Valenza M., "CO₂ fluxes from Mt. Etna soils", in <<Acta Vulcanologica>>, 8 (2), 1996, pp. 220-222.

Haulet R., Zettwoog P., Sabroux P.C., "Sulphur dioxide discharge from Mount Etna", in <<Nature>>, 268, 1977, pp. 715-717.

Jaeschke W., Berresheim H., Georgii H.W., "Sulphur emissions from Mt. Etna", in <<J. Geophys Res.>>, 87, 1982, pp. 7.253-7.261.

Le Guern F., "The collection and analysis of volcanic gases", in <<Phil. Trans. R. Soc. London>>, 274, 1973, pp. 129-135.

Malinconico L.L., "Fluctuations in SO₂ emission during recent eruptions of Etna", in <<Nature>>, 278, 1979, pp. 43-45.

Murray J.B., Guest J.E., “Vertical ground deformation on Mt. Etna, 1975-1980”, in <<Bull. Geol. Soc. Am.>>, 93, 1982, pp. 1.160-1.175.

Price W.F., Bailey D.K., “A carbon dioxide-rich volatile phase in Mount Etna volcanism”, in <<Mineral Mag.>>, 43, 1980, pp. 675-677.

Sanderson T.J.O., “Direct gravimetric detection of magma movements at Mount Etna”, in <<Nature>>, 297, 1982, pp. 487-490.

Scandone R., Giacomelli L., *Vulcanologia*, Liguori, Napoli, 1998.

Schick R., Cosentino M., Lombardo G., Patanè G., “Volcanic tremor at Mount Etna. A brief description”, in <<Mem. Soc. Geol. Ital.>>, 23, 1982, pp. 191-196.

Spampinato S., Gambino S., Patanè D., Privitera E., D’Amico G., Di Prima S., Pellegrino A., Scuderi L., Torrisi O., “Etna: seismic activity”, in <<Acta Vulcanologica>>, 10 (1), 1998, pp. 149-154.

Tazieff H., “New investigation on eruptive gases”, in <<Bull. Volcanol.>>, 34, 1970, pp. 1-18.

Wadge G., “Deformation of Mount Etna, 1971-1974”, in <<J. Volcanol. Geotherm. Res.>>, 1, 1976, pp. 237-263.

Zettwoog P., Haulet R., “Experimental results on the SO₂ transfer in the Mediterranean obtained with remote sensing devices”, in <<Atmos. Env.>>, 12, 1978, pp. 795-796.

<http://vulcan.fis.uniroma3.it>

<http://stromboli.net> (di J. Alean e R. Carniel)

<http://stromboli.net/boris> (di B. Behncke)

<http://www.ct.ingv.it>

<http://www.ingv.it>

<http://www.poseidon.nti.it>

Si ringraziano il Dottor B. Behncke (<http://stromboli.net/boris>) e gli autori del sito <http://www.poseidon.nti.it> da cui sono state tratte immagini altamente suggestive.

Questa copia non può essere riprodotta senza esplicita autorizzazione del Prof. R. Scandone.