



ALLEGATO VII

Procedura di riferimento per analisi di pericolosità legate a fenomeni vulcanici

I fenomeni connessi all'attività vulcanica che determinano specifiche situazioni di pericolosità possono essere così riassunti:

1. colate di lava a diverso grado di velocità;
2. caduta di materiali grossolani (bombe e blocchi);
3. caduta e accumulo di materiali fini (ceneri e lapilli);
4. colate piroclastiche;
5. emissioni di gas tossici;
6. colate di fango (*lahars*);
7. frane;
8. maremoti (*tsunami*);
9. terremoti;
10. incendi.

Fra questi i fenomeni più pericolosi sono le colate piroclastiche e le colate di fango. Le frane vulcaniche e gli *tsunami* possono essere catastrofici ma sono poco frequenti. Le eruzioni, a seconda del tipo di vulcanismo, possono avere durata variabile da poche ore ad anni; possono avvenire dalla stessa bocca (es. Vesuvio) o da bocche che si aprono in punti diversi (es. Campi Flegrei, Etna). Le eruzioni vulcaniche possono inoltre essere classificate sulla base dell'intensità, magnitudo e dell'indice *VEI* (*Volcanic Explosivity Index*). L'intensità è una misura della massa di magma emessa dal vulcano per unità di tempo (può giungere fino a 10^9 kg/s); la magnitudo è una misura della massa totale di magma emesso (può arrivare a 10^{15} kg); il *VEI* è un indice empirico che classifica l'energia delle eruzioni esplosive (varia da 0 a 8).

Il presupposto indispensabile per la definizione del rischio vulcanico è la zonazione del territorio in funzione dei pericoli attesi da un vulcano, ovvero la delimitazione delle aree che potrebbero essere esposte ai diversi pericoli; la zonazione è basata sulle caratteristiche dell'evento vulcanico atteso e sulla morfologia del territorio. La seguente ricognizione riguarda le aree limitrofe a vulcani attivi per le quali sul territorio italiano esistono già specifici studi di pericolosità e piani di emergenza redatti a cura dell'INGV e del Dipartimento di Protezione Civile. In particolare esistono già riferimenti precisi e attività di monitoraggio continuo in corso per ogni distretto vulcanico italiano:

- area campana: Vesuvio, Campi Flegrei, Ischia;
- area insulare: Etna, Stromboli, Vulcano e aree vulcaniche sottomarine;
- distretto laziale: Colli Albani.

L'obiettivo del lavoro del geologo professionista, in genere chiamato ad esprimersi sulle condizioni di fattibilità di uno specifico intervento in un determinato contesto, è pertanto quello di verificare la coerenza dello stesso nel quadro degli scenari di pericolosità definiti per l'area oltre alla coerenza dello strumento di pianificazione urbanistica, a fronte della vicinanza dal centro di pericolo costituito dall'edificio vulcanico. È fondamentale, infine, l'analisi della coerenza del progetto nel quadro dei piani di emergenza al momento esistenti.

Identificazione del tipo di pericolosità connessa al vulcanismo

Ogni distretto è caratterizzato da elementi specifici che sono elencati in dettaglio negli studi sulle eruzioni storiche dei vulcani italiani; in particolare sono ampiamente descritti in letteratura i fenomeni precursori, le caratteristiche eruttive e gli effetti connessi alle principali eruzioni storiche.

Monitoraggio e fenomeni precursori

I fenomeni precursori più comunemente studiati sono:

- **la sismicità vulcanica:** il movimento del magma o dei gas vulcanici all'interno della crosta terrestre determina la progressiva deformazione delle rocce fino a produrne la fratturazione con rilascio



improvviso di energia che si trasmette attraverso la propagazione di onde sismiche. Prima delle eruzioni si rilevano tremori quasi continui e oscillazioni a periodo più o meno costante (eventi a lungo periodo). Questi fenomeni sono dovuti alle oscillazioni del magma in risalita nel condotto e delle pareti del condotto;

- **variazioni nella forma degli edifici vulcanici:** le deformazioni dell'edificio vulcanico possono essere prodotte da spostamenti di masse magmatiche in profondità. Alcune deformazioni possono inoltre essere conseguenti a variazioni di pressione dei fluidi nel sistema geotermale connesso con il vulcano;
- **variazioni del campo gravitazionale, magnetico ed elettrico:** sono prodotte dall'intrusione del magma o dalla circolazione di fluidi, entrambi caratterizzati da alta temperatura e diversa densità, in rocce solide e relativamente più fredde;
- **variazioni geochimiche:** la risalita del magma attraverso la crosta terrestre provoca una più intensa migrazione verso la superficie e una variazione della composizione dei fluidi che alimentano le fumarole e i sistemi geotermici e idrotermali. Questi fluidi possono essere rilasciati dal magma stesso (fluidi magmatici), dalle rocce incassanti riscaldate o per ebollizione di sistemi acquiferi (fluidi idrotermali geotermici). Tutti i gas emessi sono caratterizzati dalla presenza di vapore acqueo (H_2O) e anidride carbonica (CO_2) come specie principali; differenze importanti riguardano il contenuto relativo in gas acidi – quali acido cloridrico (HCl), acido fluoridrico (HF), acido solforico (H_2SO_4) – di cui sono relativamente ricchi i fluidi di origine magmatica e poveri quelli di origine idrotermale-geotermica.

Rassegna sulle principali aree vulcaniche attive italiane

I VULCANI DELL'AREA CAMPANA

Scenari di pericolosità connessi a eruzioni del Vesuvio

Il comportamento del Vesuvio nel corso della sua storia è stato caratterizzato dall'alternanza tra periodi di attività eruttiva e periodi di quiescenza, in cui il condotto vulcanico è ostruito. I periodi a condotto ostruito sono caratterizzati da assenza di attività eruttiva e da accumulo dei fusi profondi nella camera magmatica collocata oltre 10 km di profondità. La ripresa dell'attività avviene generalmente con un'eruzione esplosiva che è tanto più violenta quanto più lungo è stato il periodo di quiescenza che l'ha preceduta. A questi eventi esplosivi seguono periodi di attività eruttiva a condotto aperto, con il magma che riempie il condotto e raggiunge generalmente il fondo del cratere. Questi periodi sono caratterizzati dal succedersi a brevi intervalli temporali di eruzioni effusive, esplosive di bassa energia e miste.

Alla luce del comportamento passato del Vesuvio, si ritiene che l'eruzione del 1944 abbia segnato la fine di un periodo di attività eruttiva a condotto aperto (che durava fin dalla grande eruzione del 1631) e l'inizio di un periodo di quiescenza a condotto ostruito. Dal 1944 ad oggi il vulcano ha dato solamente modesti segni di vita quali attività fumarolica, prevalentemente all'interno del cratere, e terremoti di bassa energia con ipocentri fino a 6 km di profondità. Non ci sono state deformazioni del suolo né si è registrata alcuna variazione di parametri fisici e chimici che possa indicare una riattivazione della dinamica del sistema. I risultati di indagini geofisiche sulla struttura profonda del vulcano indicano che non ci sono accumuli di significativi volumi di magma nei primi 10 km di crosta.

Il comportamento passato e lo stato attuale del Vesuvio suggeriscono che il vulcano può riprendere la sua attività eruttiva e che, se un'eruzione avverrà nelle prossime decine di anni, potrà essere di tipo esplosivo. Pertanto il Vesuvio è un vulcano altamente pericoloso.

Lo scenario di riferimento utilizzato per il piano di emergenza della Protezione Civile è riferito all'eruzione del 1631 e prevede che potranno verificarsi dapprima una serie di esplosioni connesse alla riapertura del condotto, precedute da sismicità, deformazione del suolo, incremento delle emissioni gassose, attivazione di nuove fumarole e apertura di fratture. Si innalzerà poi dal vulcano una colonna eruttiva composta da vapore, gas, frammenti di magma (pomice e ceneri) e frammenti di roccia (litici), che potrà raggiungere un'altezza di decine di chilometri. La parte sommitale della colonna tenderà a espandersi radialmente, ma spinta dai venti in quota, si muoverà verso Est, secondo la direzione dei venti prevalenti in alta quota. Dispersa dal vento, la nube farà cadere una pioggia di frammenti piroclastici in una zona sottovento, l'accumulo di queste particelle al suolo potrà provocare il crollo di tetti (sovraccarichi



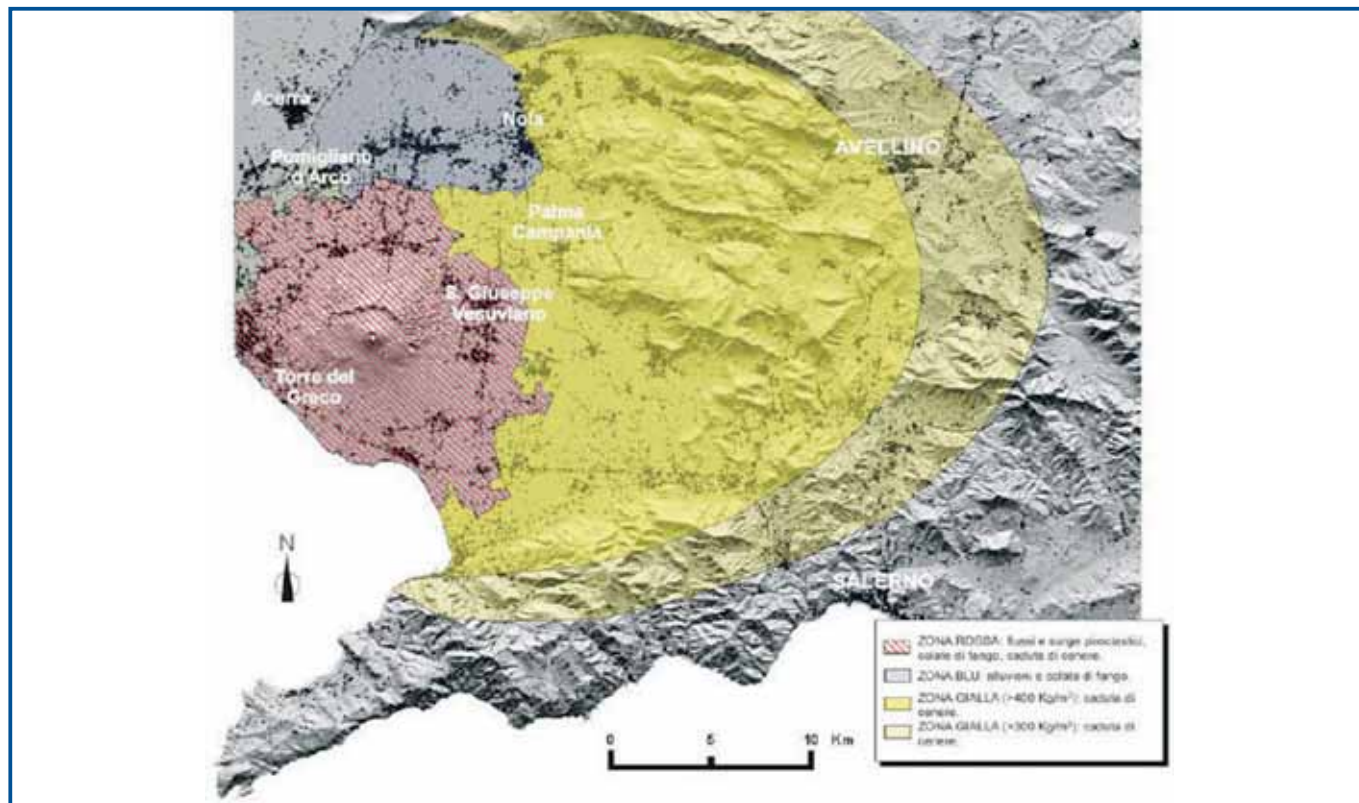
accidentali stimati in circa 300 kg/m²), impedire il funzionamento di alcune reti di servizi e indurre problemi respiratori. La parte della colonna eruttiva che non riesce a sostenere il peso del materiale solido trasportato, crollerà al suolo generando flussi piroclastici, che avanzeranno lungo i versanti del vulcano a grande velocità ed elevato potere distruttivo. Probabili piogge indotte dalle perturbazioni delle condizioni atmosferiche causate dall'eruzione potranno mobilitare il materiale piroclastico depositato al suolo, provocando colate di fango e alluvionamenti delle aree morfologicamente depresse.

Le evidenze storiche dell'esistenza di fenomeni precursori e la conoscenza oggi acquisita sulla struttura e storia del vulcano, hanno permesso di definire livelli di allerta, in funzione dei quali il piano di emergenza si articola in varie fasi. Tali livelli caratterizzano l'evoluzione del vulcano fino all'eruzione e sono definiti da variazioni della sismicità, del campo gravimetrico e magnetico, della composizione chimica e della temperatura delle fumarole, da progressive deformazioni del suolo, ecc. I livelli sono stati definiti anche per analogia con l'andamento delle variazioni di parametri fisici e chimici registrate su vulcani simili per struttura al Vesuvio. I dati raccolti sull'attività del Vesuvio negli ultimi decenni hanno consentito di definire il livello base, caratteristico del vulcano negli ultimi decenni. Tale livello è rappresentato da assenza di deformazione del suolo, bassa sismicità, assenza di significative variazioni del campo gravimetrico, valori costanti di composizione e valori decrescenti della temperatura dei gas fumarolici. I livelli di allerta successivi al livello base sono legati a progressive variazioni dei parametri misurati.

Livelli di allerta	Stato del vulcano	Probabilità di eruzione	Tempo di attesa eruzione	Sistema di protezione civile		Fasi
				Comunità scientifica	Risposte operative	
Base	Nessuna variazione significativa di parametri controllati	Molto bassa	Indefinito, comunque non meno di diversi mesi	Attività di sorveglianza secondo quanto programmato	Commissione Nazionale Attività ordinaria	
Attenzione	Variazione significativa di parametri controllati	Bassa	Indefinito, comunque non meno di diversi mesi	Stato di allerta tecnico-scientifico ed incremento dei sistemi di sorveglianza	Dipartimento della Protezione Civile – Attivazione della fase di attenzione – Comunicazione al Prefetto di Napoli	I FASE Attenzione
					Prefettura di Napoli – Convocazione del C.C.S. – Organizzazione supporto logistico alla Comunità Scientifica – Organizzazione delle prime informazioni alla popolazione unitamente ai Sindaci dei comuni interessati – Comunicazione a: a) Dipartimento della Protezione Civile b) Ministero dell'Interno c) Presidente Giunta Regionale Campana d) Presidente Amministrazione Provinciale di Napoli e) Sindaci	
Preallarme	Ulteriore variazione di parametri controllati	Media	Indefinito, comunque non meno di alcune settimane	Continua l'attività di sorveglianza; simulazione dei possibili fenomeni eruttivi	Dipartimento della Protezione Civile – Attivazione della fase di preallarme – Richiesta dichiarazione Stato d'Emergenza – Convocazione Comitato Operativo di Protezione Civile – Nomina del Commissario Delegato da parte del P.C.M. – Attivazione della Direzione di Comando e Controllo	II FASE Preallarme
					Dipartimento della Protezione Civile (DI.COMA.C) – Attivazione del C.C.S. nelle Prefetture della Campania e delle regioni ospitanti – Attivazione degli organismi Regionali e Provinciali di P.C. della Campania e di tutte le regioni ospitanti – Posizionamento soccorritori – Allontanamento spontaneo della popolazione	
Allarme	Comparsa di fenomeni con andamento di parametri controllati che indicano una dinamica pre-eruttiva	Alta	Da settimane a mesi	Sorveglianza con sistemi remoti	Dipartimento della Protezione Civile (DI.COMA.C) – Attivazione della fase di preallarme – – – – –	III FASE Allarme
Evento in corso (eruzione)				Sorveglianza con sistemi remoti; definizione cono di interferenza dell'eruzione con la zona gialla	Dipartimento della Protezione Civile (DI.COMA.C) – Controllo fenomeno per la definizione delle aree della zona gialla da evacuare – Raccolta, elaborazione e catalogazione dati sull'andamento del fenomeno e della operazione – Predisposizione strutture ricettive della Campania ed evacuazione zona gialla	IV FASE Evento in corso
				Continua la sorveglianza con sistemi remoti; inizia la ricostruzione dei criteri di sorveglianza in loco	Dipartimento della Protezione Civile (DI.COMA.C) – Ricollocazione delle strutture operative sul territorio – Operazioni tecnico-scientifiche di verifica del territorio finalizzate al rientro della popolazione (Regione, Provincia, Comuni, Prov. OO.PP., Gruppi Nazionali, VV.FF.)	V FASE Dopo l'evento
				Dipartimento della Protezione Civile	– Rientro controllato – Richiesta revoca Stato d'Emergenza	



Il piano di emergenza in caso di eruzione del Vesuvio individua le azioni da compiersi in funzione del livello di allerta e tre specifiche aree di intervento, denominate Zona Rossa, Zona Gialla e Zona Blu, sulla base del tipo e dell'entità dei pericoli da cui potrebbero essere interessate, riportate nella figura di seguito riportata.



La Zona Rossa è stata individuata sia utilizzando i dati relativi alla distribuzione dei prodotti delle eruzioni pliniane e subpliniane, sia simulando al calcolatore le diverse fasi dell'eruzione massima attesa. Vaste porzioni di questa zona potrebbero essere invase da flussi piroclastici e colate di fango e coperte da spessi accumuli di prodotti da caduta. Essa ha un'estensione di circa 200 km² e comprende 18 Comuni, tutti della Provincia di Napoli, in cui vive una popolazione di circa 600.000 abitanti. Durante l'eruzione del 1631, quasi il 20% di questa zona fu distrutto da flussi piroclastici. La parete del Monte Somma che negli ultimi secoli ha protetto i centri abitati ubicati a Nord dalle colate laviche, potrebbe non essere alta abbastanza da impedire il suo scavalcamento da parte dei flussi piroclastici. Per questo motivo la Zona Rossa ha geometria circolare. Per la velocità e l'elevato potere distruttivo dei flussi piroclastici, le popolazioni dovranno allontanarsi da questa zona prima dell'inizio dell'eruzione.

La Zona Gialla è quell'area che potrebbe essere interessata da caduta di particelle con carico maggiore di 300 kg/m², che provocherebbe il collasso dei tetti delle costruzioni. Essa ha un'estensione di 1.100 km² e comprende alcune decine di Comuni delle province di Napoli, Salerno, Avellino, Caserta e Benevento. Solamente un settore di questa zona sarà interessato dalla caduta di grandi quantità di ceneri, pomici e frammenti di roccia, che potranno provocare crollo di tetti, oscurità, disturbi alla respirazione, blocco dei motori, difficoltà di circolazione dei veicoli ed interruzione del normale funzionamento delle reti di servizi. Il settore della zona gialla che sarà interessato dalla caduta di particelle non può essere individuato in anticipo perché esso sarà definito dall'altezza che la colonna eruttiva raggiungerà e dalla direzione e velocità dei venti in quota al momento dell'eruzione. Pertanto, solo una parte degli abitanti della zona gialla dovrà allontanarsi durante l'eruzione. Nel 1631 circa il 10% di quest'area fu gravemente danneggiata.

La Zona Blu è quell'area che, oltre ad essere esposta a caduta di particelle con carico superiore a 300 kg/m², potrebbe essere invasa da colate di fango ed essere interessata da inondazioni e alluvionamenti. Essa ha un'estensione di circa 100 km² e corrisponde alla conca di Nola.

Scenari di pericolosità connessi a eruzioni dei Campi Flegrei

Il comportamento passato e lo stato attuale della caldera dei Campi Flegrei indicano che la stessa costituisce un vulcano ancora attivo che potrà dare in futuro nuove eruzioni. Se un'eruzione dovesse avvenire nelle prossime decine di anni, potrà essere di tipo esplosivo. Pertanto la caldera è un vulcano altamente pericoloso. Oltre 300.000 persone vivono all'interno della parte oggi attiva dell'intera struttura, corrispondente alla caldera del Tufo Giallo Napoletano, mentre quelle che vivono nelle sue immediate vicinanze sono più di un milione. Per l'alta pericolosità della caldera e per l'intensa urbanizzazione sia al suo interno che nelle aree limitrofe, il rischio vulcanico è estremamente alto.

L'eruzione del Tufo Giallo Napoletano ed il relativo collasso calderico hanno significativamente modificato le condizioni del vulcano. Inoltre, la relazione tra dinamica della caldera del Tufo Giallo Napoletano e localizzazione dei centri eruttivi nel tempo, mostra che durante il secondo periodo di quiescenza (8.200 - 4.800 anni fa) e, in particolare, prima dell'inizio della terza epoca, c'è stata una modificazione nel campo di sforzo all'interno della caldera. Questo campo non ha più subito modificazioni come dimostrano la geometria delle deformazioni del suolo e la sismicità durante i recenti eventi bradisismici. Pertanto, ai fini della valutazione della pericolosità della caldera, è significativo prendere in considerazione gli ultimi 5.000 anni di attività e il suo stato attuale. Non essendo possibile, come per il Vesuvio, individuare un'eruzione di riferimento, lo scenario è stato costruito in base alle fenomenologie eruttive (tipo di eruzione, volume di magma emesso) che più frequentemente si sono manifestate. Queste sono fondamentalmente caratterizzate da alternanze di esplosioni magmatiche e freatomagmatiche. Le esplosioni magmatiche determineranno la formazione di una colonna sostenuta, con un comportamento simile a quello descritto per lo scenario eruttivo del piano di emergenza "Vesuvio" e conseguente caduta di particelle al suolo.

Le esplosioni freatomagmatiche genereranno correnti piroclastiche (prevalentemente *surges*), che fluiranno al suolo ad alta velocità. In relazione allo scenario eruttivo ipotizzato dalla comunità scientifica, e alle carte di pericolosità da questa prodotte per le fenomenologie eruttive, la Protezione Civile ha definito l'area a più alto rischio.

Quest'ultima comprende l'area esposta al pericolo di scorrimento di correnti piroclastiche, ed individuata come Zona Rossa nella figura riportata, attualmente abitata da circa 350.000 persone.





In essa ricadono i comuni di Monte di Procida e Bacoli e parte di quelli di Pozzuoli e Napoli. In considerazione delle prevedibili variazioni dei parametri fisici e chimici del sistema vulcanico che saranno registrate dal sistema di sorveglianza dell'Osservatorio Vesuviano, sono stati definiti quattro livelli di allerta. Questi vanno dal livello di base, che caratterizza lo stato attuale della caldera, al livello di allarme, caratterizzato da un'alta probabilità di eruzione. In quest'ultimo caso la Protezione Civile ha previsto l'allontanamento della popolazione dalla zona rossa, e il suo trasferimento in altre regioni italiane.

Livelli di allerta	Stato del vulcano	Probabilità di eruzione	Tempo di attesa eruzione	Azioni	Comunicazioni
Base	Nessuna variazione significativa di parametri controllati	Molto bassa	Indefinito, comunque non meno di alcuni mesi	Attività di sorveglianza secondo quanto programmato	L'Osservatorio Vesuviano produce bollettini semestrali sull'attività del vulcano
Attenzione	Variazioni significative di parametri controllati	Bassa	Indefinito, comunque non meno di alcuni mesi	Stato di allerta tecnico-scientifico ed incremento dei sistemi di sorveglianza	L'Osservatorio Vesuviano quotidianamente produce un bollettino e comunica le informazioni sullo stato del vulcano al Dipartimento della Protezione Civile
Preallarme	Ulteriori variazioni di parametri controllati	Media	Indefinito, comunque non meno di alcune settimane	Continua l'attività di sorveglianza; simulazione dei possibili fenomeni eruttivi	L'Osservatorio Vesuviano comunica continuamente le informazioni sullo stato del vulcano al Dipartimento della Protezione Civile
Allarme	Comparsa di fenomeni e/o andamento dei parametri controllati che indicano una dinamica pre-eruttiva	Alta	Da giorni a mesi	Sorveglianza con sistemi remoti	L'Osservatorio Vesuviano comunica continuamente le informazioni sullo stato del vulcano al Dipartimento della Protezione Civile

I VULCANI INSULARI

L'Etna

L'Etna, con i suoi 3350 m di altitudine e i 35 km di diametro alla base, è il vulcano attivo più grande d'Europa.

L'edificio vulcanico presenta quattro crateri sommitali denominati: Bocca Nuova, Voragine, Cratere di nord-est e Cratere di sud-est, aventi ciascuno un diametro di circa 200 metri. Inoltre sulle sue pendici si trovano centinaia di coni avventizi, formati durante le eruzioni susseguites nel corso dei millenni. La struttura morfologica forse più caratteristica dell'Etna è la Valle del Bove, una depressione che si apre verso il mare sul fianco orientale del vulcano. La valle è larga circa 5 km e lunga 8, mentre la scarpata, nella sua parte più scoscesa è alta 1200 m. L'origine di questa depressione è da imputare ad una o più frane verificatesi sul fianco del vulcano probabilmente nel corso di eruzioni esplosive. La prima fase eruttiva dell'Etna è iniziata circa 300mila anni fa con eruzioni sottomarine. Durante questo tipo di eruzioni, la lava che fuoriesce da fratture del fondale, essendo sottoposta alla pressione idrostatica e alle basse temperature, si raffredda repentinamente attorno alla bocca di emissione dando luogo a morfologie molto caratteristiche chiamate lave a cuscino (*pillow lavas*). I prodotti di tale fase eruttiva dell'Etna sono visibili tuttora sulla rupe di Aci Castello. La maggiore eruzione dell'Etna in tempi storici fu quella del 1669, che vide l'apertura di una bocca eruttiva in prossimità di Nicolosi, a soli 800 m di quota, con un'attività di tipo stromboliano che produsse i coni dei Monti Rossi. L'attività effusiva iniziò l'11 marzo e la colata lavica raggiunse la città di Catania il 16 aprile e ne distrusse una buona parte prima di riversarsi in mare. In occasione dell'eruzione del 1669 venne effettuato il primo rudimentale tentativo di



deviazione di una colata lavica da parte dell'uomo. Fonti storiche riferiscono che un gruppo di persone, armate di pale e picconi, riuscì a creare una breccia nel canale lavico in prossimità di Nicolosi e a far defluire parzialmente la colata verso ovest. Trascurando il tentativo fatto nel 1669, il primo reale intervento al mondo di deviazione di una colata lavica venne realizzato dal Dipartimento della Protezione Civile durante l'eruzione del 1983. Successivamente tale tipo di intervento è stato ripetuto (con modalità differenti e con maggior successo) in occasione delle eruzioni del 1992, 2001 e 2002.

L'emergenza Etna 2002-2003 è stata caratterizzata dalla concomitanza dell'eruzione vulcanica e di una sequenza sismica che ha interessato molti comuni dell'area etnea.

Il tipo di attività dell'Etna è tale da rendere assolutamente improbabile la perdita di vite umane per gli effetti di un'eruzione. Le eruzioni dell'Etna infatti sono caratterizzate prevalentemente da attività stromboliana, effusione di colate laviche ed emissioni di ceneri. Le eruzioni possono avvenire dai crateri sommitali o da bocche che si possono aprire sui fianchi del vulcano, dando luogo in molti casi a coni avventizi come quelli che si ritrovano in gran quantità sulle pendici dell'Etna. L'attività stromboliana interessa generalmente un'area limitata intorno alla bocca eruttiva e normalmente non rappresenta un agente di rischio per i centri abitati.

Le emissioni di cenere non costituiscono un fattore di rischio per la vita umana, sebbene possano causare notevoli disagi alla circolazione aerea e stradale, danni economici e, in caso di esposizione prolungata senza opportune precauzioni, patologie all'apparato respiratorio. Le colate laviche dell'Etna, a causa della loro viscosità e della conseguente bassa velocità con la quale si muovono, non sono tali da costituire un pericolo per l'incolumità delle persone. Nel caso in cui la fuoriuscita di lava avvenga da bocche poste ad alta quota, raramente i flussi raggiungono i centri abitati. Solamente nel caso di eruzioni di lunga durata, si può presentare tale eventualità. La lava in tali casi può anche formare dei tunnel e scorrere al loro interno, per poi fuoriuscire più a valle formando le cosiddette bocche effimere. Nel caso in cui le colate giungano a minacciare un centro abitato, è comunque normalmente possibile attuare interventi di condizionamento del loro percorso, mediante tecniche differenti che possono consistere nella costruzione di barriere in terra, nella brecciatura degli argini dei canali per provocarne il deflusso in direzione diversa, nell'escavazione di canali artificiali, ecc., come già è stato fatto nel corso delle eruzioni del 1983, 1992, 2001 e 2002. È bene sottolineare che, negli ultimi due casi, gli interventi erano volti a proteggere infrastrutture turistiche poste ad alta quota, ben lontane dai centri abitati.

Il rischio maggiore si ha quando l'effusione di lava avviene da bocche poste a bassa quota: in tal caso il tempo per effettuare interventi di condizionamento dei flussi sarebbe chiaramente ridotto e più probabilmente si dovrebbe ricorrere all'evacuazione della popolazione dalle aree minacciate, in conformità ai piani d'emergenza. Occorre comunque considerare che il sistema strumentale di monitoraggio di cui l'Etna è provvisto, è tra i più avanzati al mondo e consente di prevedere con buon anticipo l'inizio di un'eruzione. In particolare le eruzioni laterali, per le loro caratteristiche, vengono normalmente precedute da sequenze sismiche ben identificabili che permettono di individuare con buona precisione in che zona si aprirà la bocca eruttiva.

Cronologia degli eventi principali

26 ottobre 2002 - h 22.25: inizio dell'attività eruttiva prima sul versante settentrionale e poi meridionale dell'Etna, preceduta di poche ore da uno sciame sismico.

29 ottobre - h 11.02: terremoto di Magnitudo 4.4 (scala Richter) e Intensità VIII (scala MCS), il maggiore della sequenza, con epicentro a S. Venerina (CT).

23 novembre: la colata lavica sul versante sud dell'Etna raggiunge i 2100 m e dirige verso il Rifugio Sapienza.

24 novembre: i lavori di movimentazione di terra per la costruzione di argini hanno successo: la colata lavica devia dal suo percorso e si ferma in prossimità della Strada Provinciale n. 92 senza interessare le strutture turistiche in zona Sapienza.

2 dicembre - h 13.28: terremoto di Magnitudo 3.6 e Intensità VI grado a Giarre.

10 dicembre: un nuovo flusso lavico dirige verso il Rifugio Sapienza.



16 dicembre: la colata lavica oltrepassa gli argini eretti a difesa delle infrastrutture turistiche, distrugge il Centro Servizi, il locale Esagonal e taglia la Strada Provinciale n. 92 per poi fermarsi poco a valle della stessa.

17 dicembre: cessa definitivamente l'emissione di ceneri che si era finora alternata a fasi di attività stromboliana.

29 gennaio 2003: cessa l'attività eruttiva dell'Etna e i parametri geochimici e geofisici tornano sui livelli antecedenti l'inizio dell'eruzione.

Nel corso dell'emergenza sono stati elaborati i piani d'emergenza per i Comuni di Linguaglossa e Ragalna, che si vanno ad aggiungere a quelli di Belpasso, Nicolosi e Mascalucia, già predisposti.

Interventi per fronteggiare gli effetti della ricaduta di ceneri

L'eruzione 2002-2003 è stata caratterizzata dalla grande quantità di ceneri espulse dal vulcano e ricadute anche a centinaia di chilometri di distanza. È stato stimato che nei primi due giorni dell'eruzione sono stati emessi circa 37 milioni di tonnellate di ceneri. Dopo quattro giorni dall'inizio dell'eruzione nella zona del Sapienza erano caduti circa 38 kg/m², a Nicolosi 9 kg/m² e a Catania 2,5 kg/m². Il fenomeno si è poi protratto, con fasi alterne, fino al 17 dicembre. La caduta di ceneri ha causato notevoli danni all'agricoltura, forti disagi al traffico aereo e all'aeroporto di Catania (che è stato chiuso più volte per diversi giorni), ha impegnato il Dipartimento e le forze del volontariato nella distribuzione di mascherine protettive, ha richiesto ai cittadini di adottare misure preventive per evitare complicazioni alle vie respiratorie e di effettuare la pulizia dei tetti delle abitazioni, ha imposto uno sforzo eccezionale agli enti preposti alla pulizia di strade e autostrade al fine di evitare incidenti nonché l'intasamento delle reti fognarie.

Stromboli

Lo Stromboli raggiunge la quota di 926 m s.l.m., ma quella visibile è solo una minima parte dell'intero edificio vulcanico che prosegue al di sotto del livello del mare per circa 2000 m fino a raccordarsi con i fondali del Mar Tirreno. L'altezza totale del vulcano è quindi di circa 3000 m e paragonabile a quella dell'Etna. Lo scoglio di Strombolicchio è quanto rimane di un antico edificio vulcanico. Inizialmente infatti (circa 230mila anni fa) il centro eruttivo era localizzato lì. Successivamente, con lo spostarsi dell'attività verso sud-ovest, Strombolicchio non diede più eruzioni e il suo edificio è stato progressivamente smantellato dall'erosione del mare e dei venti. Ciò che vediamo oggi è soltanto il magma consolidato all'interno del camino vulcanico (*neck*), che presenta una maggiore resistenza agli agenti erosivi. La *Sciara del Fuoco* è una depressione formatasi circa 5000 anni fa per il collasso di un fianco dell'edificio vulcanico. In questa zona si riversano per la gran parte i prodotti delle eruzioni. La *Sciara del Fuoco* prosegue al di sotto del livello del mare oltre i 600 metri di profondità.

Stromboli è un vulcano in attività persistente da almeno un millennio, caratterizzato normalmente da esplosioni di moderata energia che ricorrono con una frequenza media di 10-20 minuti. L'energia relativamente contenuta delle esplosioni ordinarie e la persistenza dell'attività non impediscono al vulcano di produrre anche fenomeni eruttivi violenti e maremoti in grado di creare pericolo sia nella parte alta della montagna sia, in misura minore, nelle zone abitate. Sull'isola si trovano infatti due centri abitati: Stromboli e Ginostra, situati rispettivamente lungo la costa nord-orientale e sud-occidentale.

Attività ordinaria

Le esplosioni dell'attività ordinaria sono caratterizzate dal lancio di brandelli di lava, gas e ceneri con associata ricaduta di materiali pesanti fino ad una distanza di alcune centinaia di metri dalle bocche. I sentieri utilizzati per la salita al Pizzo Sopra la Fossa non sono quindi normalmente interessati dalla ricaduta di materiale. Saltuariamente l'attività è accompagnata da emissioni di lava che si riversano in forma di colata all'interno della *Sciara del Fuoco*. L'attività persistente e le effusioni laviche non



costituiscono una fonte di pericolo diretta per i centri abitati e per gli escursionisti, sebbene l'attività effusiva possa introdurre degli elementi di instabilità del versante della *Sciara del Fuoco* e indurre processi franosi anche di grosse dimensioni con conseguente possibile formazione di maremoti. I fenomeni in grado di recare pericolo al di fuori della *Sciara del Fuoco* sono le esplosioni parossistiche e i maremoti.

Esplosioni parossistiche

Le esplosioni parossistiche hanno un carattere improvviso e consistono in vere e proprie "cannonate", accompagnate da forti detonazioni, che lanciano bombe e blocchi a distanze di alcune chilometri dai crateri. La caduta di materiali pesanti interessa la parte alta della montagna ed occasionalmente i centri abitati. Oltre alla caduta di materiale pesante, altri pericoli connessi alle esplosioni parossistiche sono gli incendi innescati dalla ricaduta di materiali incandescenti sulla vegetazione e la formazione di valanghe di materiale caldo che possono scendere nel Vallonazzo e nella Rina Grande/Schicciolo fino al mare.

Maremoti

I maremoti hanno generalmente intensità medie inferiori a quella del 30 dicembre 2002 ed avvengono, normalmente, in coincidenza con le esplosioni violente o con frane di grosse dimensioni. Il maremoto del 30 dicembre 2002 è stato innescato da una grande frana sottomarina poi propagatisi nella parte emersa. Il sistema di sorveglianza operante a Stromboli, permette di riconoscere l'eventuale approssimarsi di tali fenomeni e di segnalare alla popolazione il possibile accadimento di eventi pericolosi.

Descrizione dell'eruzione 2002-2003

Il 28 dicembre 2002 il vulcano è entrato in una fase eruttiva del tutto particolare, con sviluppo di colate laviche lungo la *Sciara del Fuoco* e fenomeni franosi di grandi proporzioni. In particolare, il 30 dicembre 2002 si è staccata una frana di circa 16 milioni di metri cubi di materiale; la parte sommersa della frana (8 milioni di metri cubi) ha generato un maremoto che ha colpito le coste dell'isola e raggiunto anche le altre isole Eolie e le coste della Calabria e della Sicilia.

Dopo la frana l'attività eruttiva si è concentrata in una bocca aperta a quota 500 m, nella *Sciara del Fuoco*, dalla quale è fuoriuscita una colata lavica. L'apertura della bocca effusiva a quota relativamente bassa ha prodotto un abbassamento della lava nei condotti con conseguente sprofondamento dei crateri e immediata cessazione dell'attività stromboliana. Il 5 aprile, mentre era ancora in corso l'emissione di lava da una bocca situata a 550 m, si è verificata una violenta ed improvvisa esplosione ai crateri centrali, come non si registrava da almeno 50 anni. I brandelli di lava e i blocchi espulsi sono ricaduti nella parte alta della montagna a quote superiori a 400 m; alcuni blocchi sono caduti anche a quote basse sul versante sud-occidentale, colpendo un paio di case nella frazione di Ginostra. Dopo una replica esplosiva, avvenuta il giorno 10 aprile, di intensità minore rispetto a quella del 5, il vulcano ha proseguito senza particolari cambiamenti l'emissione di lava dalla stessa bocca effusiva. Successivamente il campo lavico è apparso in evoluzione con apertura e chiusura di varie bocche effimere e sviluppo di colate sul versante della *Sciara del Fuoco*. Nel contempo riprendeva l'attività esplosiva ai crateri sommitali, con emissioni di cenere dal cratere 3 di Sud-Ovest e modeste esplosioni dal cratere 1 di Nord-Est, con lancio di brandelli di lava fino a qualche decina di metri. Dopo un periodo di decremento, l'attività effusiva è completamente cessata a decorrere dal 21 luglio, mentre l'attività esplosiva è via via incrementata fino a dare nuovamente luogo ai tipici getti di lava e gas, che raggiungono anche i 100 m sopra l'orlo craterico.

Descrizione dell'eruzione 2007

Dopo un periodo di alcune settimane di intensa attività vulcanica, caratterizzato da valori elevati dei parametri monitorati, il 27 febbraio 2007 si registra un incremento dei movimenti della *Sciara del Fuoco*. Successivamente si osserva una fase esplosiva, seguita poco dopo dall'apertura di una bocca effusiva alla base del cratere di NE e successivamente da frane lungo la *Sciara del Fuoco*. Immediatamente scattano le procedure di allertamento per l'attivazione delle sirene per l'allontanamento della popolazione dalla costa.



Cronologia degli eventi principali

27 febbraio 2007 - h 12.25: si registrano 12 eventi sismici associabili ad eventi franosi, localizzati nell'area della *Sciara del Fuoco*; alle 13.30 dalla telecamera termica si osserva un'attività di degassamento anomala localizzata nella zona posta alla base dell'area craterica (Pianoro), nonché un'attività esplosiva dalla base del cratere NE. 13.39 - frana di piccola entità lungo la *Sciara del Fuoco*. Alle 13.48 si osserva il collasso dal cratere di NE, con conseguente trabocco lavico e nuova frana lungo la *Sciara*. Alle 14.02 si registra l'apertura di una bocca effusiva sulla *Sciara* e inizio della colata lavica. Alle 14.20 dalla base dell'area craterica si sviluppano lungo il versante della *Sciara del Fuoco* due colate laviche ben alimentate che in poco tempo raggiungono il mare, causando il sollevamento di grandi nubi di vapore. Alle 19.30 si attiva un importante fenomeno franoso, sempre lungo la *Sciara del Fuoco*, che non produce onde anomale, seguito da un abbondante flusso lavico.

28 febbraio - h 12.00: l'attività effusiva si concentra ad un'unica bocca a quota 400 m molto ben alimentata.

8 marzo - h 17.55: la colata lavica è quasi ferma; i canali nella parte alta sono svuotati e solo la parte più bassa della colata è attiva.

9 marzo - h 6.00: si registra una nuova ripresa dell'attività effusiva dalla bocca di quota 400 m. Alle 13.00 si registra una velocità di deformazione della *Sciara del Fuoco* superiore a 300 mm/h. Alle 16.15 si osserva l'apertura di una nuova bocca effusiva a quota 500 m.

10 marzo - h 10.30: cessa l'emissione di lava dalla bocca effusiva apertasi nella giornata del 9 marzo.

15 marzo - h 21.37: evento esplosivo parossistico. La ricaduta del materiale espulso ha interessato il sentiero naturalistico che corre da San Vincenzo alla *Sciara del Fuoco*, ad una quota compresa tra i 200 e i 400 m s.l.m.

Dal 21 marzo al 2 aprile: la portata della colata lavica risulta discontinua, alternando aumenti repentini a momenti di totale stasi.

3 aprile - h 9.15: il flusso lavico si arresta e la colata non è più alimentata. A partire dal 3 aprile, l'evoluzione dei parametri ha continuato a mostrare una lenta tendenza al recupero dei valori normali registrati prima dell'inizio della crisi.