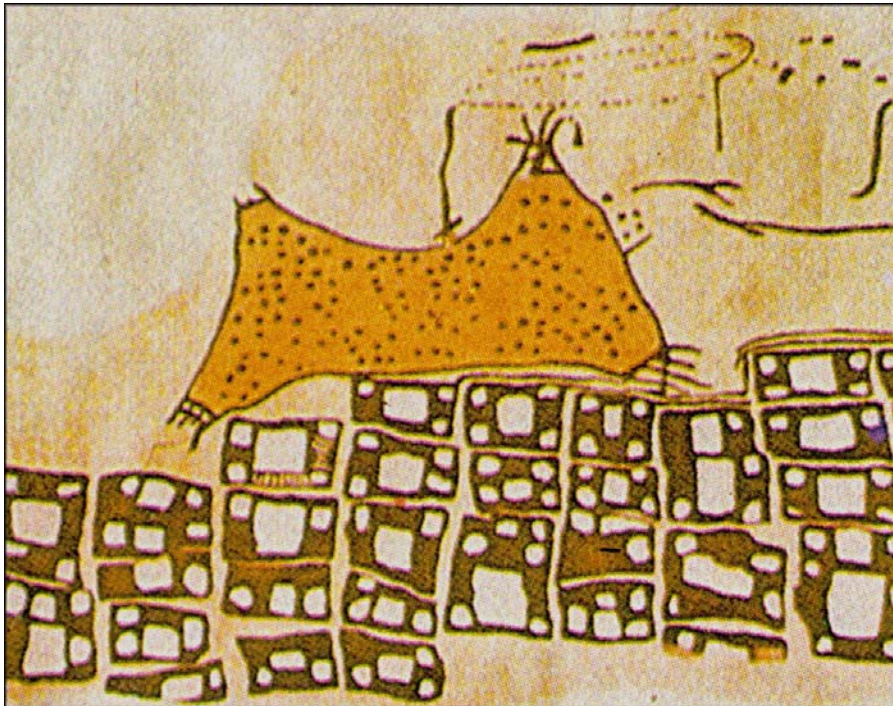


I VULCANI NAPOLETANI: PERICOLOSITÀ E RISCHIO

Orsi G., Cuna L., De Astis G., de Vita S., Di Vito M.A., Isaia R.,
Nave R., Pappalardo L., Piochi M., Postiglione C., Sansivero F.



OSSERVATORIO
VESUVIANO

Realizzato con fondi assegnati a Giovanni Orsi dalla Protezione Civile e dal Gruppo Nazionale per la Vulcanologia per attività di formazione e informazione nell'ambito di un protocollo d'intesa fra Osservatorio Vesuviano, Provveditorato agli Studi e Prefettura di Napoli.

Si ringraziano Massimo D'Antonio, Carla D'Onofrio e Arturo Martorelli per la lettura critica di una prima versione del testo.

In copertina: affresco del vulcano Hassan Dag risalente a circa 8000 anni fa. Tempio di Çatal Hüyük, Turchia.

SOMMARIO

NOTA INTRODUTTIVA.....	1
1 - È POSSIBILE PREVEDERE LE ERUZIONI VULCANICHE?	3
1.1 - LA PREVISIONE A LUNGO TERMINE TRA GEOLOGIA E STORIA	3
1.2 - LA PREVISIONE A BREVE TERMINE: L'ATTIVITÀ DI SORVEGLIANZA.....	3
2 - PERICOLOSITÀ E RISCHIO VULCANICO.....	5
3 - LA PERICOLOSITÀ VULCANICA DELL'AREA PARTENOPEA.....	7
3.1 - STORIA, SORVEGLIANZA, PREVISIONI.....	7
3.2 - IL SOMMA-VESUVIO	7
3.3 - CAMPI FLEGREI.....	13
3.4 - ISCHIA.....	20
3.5 - IL SISTEMA DI SORVEGLIANZA DELL'OSSERVATORIO VESUVIANO.....	24
4 - IL RISCHIO VULCANICO NELL'AREA PARTENOPEA	27
4.1 - IL RISCHIO PUÒ ESSERE RIDOTTO.....	27
4.2 - I PIANI DI EMERGENZA RELATIVI AL RISCHIO VULCANICO	29
4.3 - PIANO DI EMERGENZA "VESUVIO".....	30
4.4 - PIANO DI EMERGENZA "CAMPI FLEGREI".....	35
4.5 - ISCHIA.....	38
GLOSSARIO.....	39
LETTURE CONSIGLIATE.....	45

NOTA INTRODUTTIVA

Questo testo si rivolge a un pubblico di lettori non specializzati, a cui intende offrire un'informazione chiara e accurata (nei limiti di un'opera divulgativa) sulla storia, lo stato attuale e le attività di sorveglianza dei vulcani dell'area partenopea. La struttura del testo si articola intorno alla distinzione tra pericolosità e rischio vulcanico, che esprime la chiave di fondo per interpretare in modo adeguato non solo le relazioni tra vulcanologia e società, ma anche la particolare condizione di vivere... all'ombra di un vulcano.

1 - È POSSIBILE PREVEDERE LE ERUZIONI VULCANICHE?

La moderna ricerca vulcanologica ha fra i suoi obiettivi primari la previsione delle eruzioni. Si distingue, a questo proposito, tra previsione a lungo e a breve termine: la prima consiste nel definire le fenomenologie eruttive che si potranno verificare nel futuro per un determinato vulcano e i loro potenziali effetti sul territorio, mentre la seconda consiste nel prevedere il verificarsi di un'eruzione.

1.1 - La previsione a lungo termine tra geologia e storia

La previsione a lungo termine si basa sull'assunzione che le fenomenologie eruttive già occorse in passato, si verificheranno in futuro con modalità simili interessando le stesse aree (in assenza di eventi che abbiano modificato sostanzialmente la struttura e il sistema di alimentazione del vulcano). Di conseguenza l'attendibilità delle previsioni a lungo termine è strettamente proporzionale alla quantità e qualità dei dati disponibili sul comportamento passato di un vulcano e al periodo della sua vita a cui si riferiscono. La ricostruzione della storia di un vulcano e del suo sistema di alimentazione, svolta attraverso ricerche geologiche e storico-documentarie, rappresenta quindi un elemento indispensabile per effettuare una previsione a lungo termine. Se si è in grado di definire la legge di comportamento che un vulcano ha seguito nel passato, allora si può formulare un'ipotesi sul probabile comportamento futuro e sulle fenomenologie attese.

1.2 - La previsione a breve termine: l'attività di sorveglianza

L'evoluzione di un sistema vulcanico da uno stato di riposo fino al momento dell'eruzione implica la risalita del magma da una certa profondità verso la superficie. La risalita del magma causa la variazione di una serie di parametri fisico-chimici sia nel magma che nelle rocce circostanti, i cui effetti possono essere registrati in superficie. Queste variazioni costituiscono i fenomeni precursori di un'eruzione. La loro evoluzione nel tempo, rilevata tramite i sistemi di sorveglianza, è alla base della previsione a breve termine.

I fenomeni precursori più comunemente studiati sono:

- 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 osservano anche un tremore quasi continuo, 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. 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. Queste variazioni 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.

2 - PERICOLOSITÀ E RISCHIO VULCANICO

Pericolosità e rischio sono spesso usati come sinonimi ma hanno significati molto differenti. Il rischio vulcanico, infatti, è il prodotto di tre fattori: pericolosità vulcanica, valore esposto e vulnerabilità (Fig. 1).

La pericolosità è la probabilità che una determinata area sia interessata da fenomeni potenzialmente distruttivi in un determinato intervallo di tempo. Nel caso di vulcani viene riferita a fenomeni quali colate di lava, flussi piroclastici, caduta di particelle ecc..

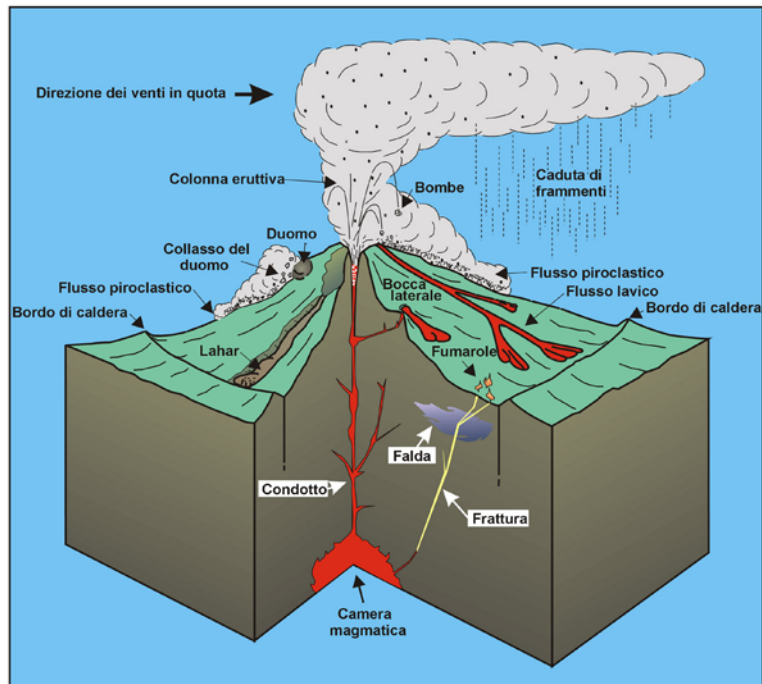
Il valore esposto è dato dall'insieme delle persone, delle costruzioni, delle infrastrutture, della superficie di terreno agricolo, ecc., presenti nell'area potenzialmente interessata dai fenomeni previsti.

La vulnerabilità è la percentuale del valore esposto che si stima verrà perduta per effetto di un determinato fenomeno distruttivo.

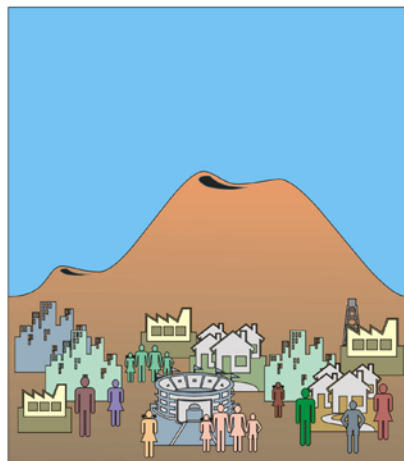
L'uomo non può intervenire per diminuire la pericolosità vulcanica: essa dipende da fenomeni naturali che sono fuori dalla nostra possibilità di controllo. Ma una corretta gestione del territorio e adeguate misure di prevenzione possono evitare, o almeno limitare l'aumento del valore esposto e della vulnerabilità. Ad esempio la costruzione di edifici con solai resistenti al carico di particelle vulcaniche che si accumulano per caduta durante un'eruzione, può ridurre drasticamente la vulnerabilità. Non si può impedire, quindi, che avvengano fenomeni naturali pericolosi quali le eruzioni vulcaniche, si può, però, mitigare fortemente il rischio ad essi collegato, modificando le variabili valore esposto e vulnerabilità.

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, basata sulle caratteristiche dell'evento vulcanico atteso e sulla morfologia del territorio, viene rappresentata su carte di pericolosità. Se a queste carte si sovrappongono anche le variabili dipendenti dalla presenza dell'uomo e dall'uso del territorio, si costruiscono carte di rischio.

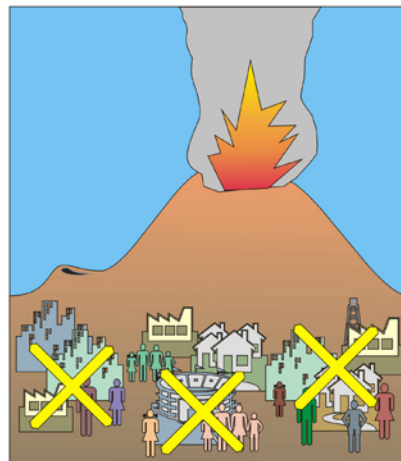
RISCHIO = PERICOLOSITÀ X VALORE ESPOSTO X VULNERABILITÀ



PERICOLOSITÀ



VALORE ESPOSTO



VULNERABILITÀ

Fig. 1 – Illustrazione delle definizioni di rischio vulcanico.

3 - LA PERICOLOSITÀ VULCANICA DELL'AREA PARTENOPEA

3.1 - Storia, sorveglianza, previsioni

La definizione dello stato di attività di un vulcano e del suo sistema magmatico di alimentazione, delle probabili fenomenologie eruttive e dei tempi attesi per il loro verificarsi, non può prescindere dalla conoscenza della sua storia passata e della sua struttura attuale. Questa conoscenza rappresenta anche il quadro di riferimento per l'interpretazione dei dati rilevati dal sistema di sorveglianza. Pertanto, la valutazione della pericolosità di un vulcano si muove tra geologia, geofisica, geochimica, storia e sorveglianza.

Questo capitolo è dedicato ai tre vulcani attivi della Campania: Somma-Vesuvio, Campi Flegrei e Ischia (Fig. 2). Esso fornisce gli elementi essenziali per avviarsi a una comprensione scientifica di sistemi molto complessi. Per ciascuno dei tre vulcani, inoltre, si fornisce una valutazione di pericolosità e si formula un'ipotesi sul comportamento futuro. L'ultimo paragrafo presenta il sistema di sorveglianza dell'Osservatorio Vesuviano, che consente di controllare costantemente lo stato dei tre vulcani.

3.2 - Il Somma-Vesuvio

Il Vesuvio, il più pericoloso tra i vulcani attivi italiani, è noto nel mondo soprattutto per l'eruzione del 79 d.C., che interruppe un periodo di quiescenza durato sette secoli e distrusse in due giorni le città di Pompei, Ercolano, Oplonti e Stabia, lasciando sgomenti i contemporanei.

“Crederà la generazione ventura degli uomini, quando rinasceranno le messi e rifioriranno questi deserti, che sotto i loro piedi sono città e popolazioni e che le campagne degli avi si inabissarono?” (Publio Papinio Stazio).

Il Somma-Vesuvio è uno strato vulcano di medie dimensioni che raggiunge un'altezza massima di 1.281 m s.l.m.. E' costituito dal più vecchio vulcano del Monte Somma, la cui attività terminò con lo sprofondamento di una caldera sommitale, e dal più recente vulcano del Vesuvio, cresciuto all'interno di quella caldera. La morfologia del Monte Somma è caratterizzata da un versante meridionale molto ripido, e da uno

settentrionale meno acclive e solcato da numerose e profonde incisioni vallive a distribuzione radiale.



Fig. 2 – Immagine da satellite dell'area campana.

Il Vesuvio ha una tipica forma a cono con un cratere sommitale di circa 500 m di diametro e profondo circa 300 m (Fig. 3). Il cratere del Vesuvio è situato a circa 15 km dal centro della città di Napoli, verso E-SE.

Le rocce vulcaniche più antiche dell'area vesuviana sono state incontrate in un pozzo perforato sul versante meridionale del vulcano, a una profondità di 1125 metri al di sotto del livello del mare. Esse hanno un'età di circa 300.000 anni e segnano probabilmente l'inizio dell'attività vulcanica nell'area.



Fig. 3 – Vista del Vesuvio da sud. (Compagnia Generale Ripreseeree).

Il vulcano del Monte Somma si è formato per accumulo di depositi di eruzioni prevalentemente effusive e subordinatamente esplosive di bassa energia. Questo accrescimento, iniziato successivamente alla messa in posto del deposito dell'eruzione flegrea dell'Ignimbrite Campana, avvenuta circa 37.000 anni fa, è durato fino a circa 18.000 anni fa, quando in seguito a un'eruzione pliniana si formò una caldera che è stata in seguito varie volte modificata da successivi collassi (Fig. 4).

Prima del 79 d.C. l'attività del Vesuvio fu caratterizzata da quattro eruzioni pliniane, separate da periodi di riposo della durata di alcune migliaia di anni e da una serie di

eruzioni subpliniane precedute da periodi di riposo lunghi centinaia di anni. Queste eruzioni esplosive di elevata energia sono caratterizzate da emissione parossistica di grandi volumi di magma frammentato, seguita dalla caduta di particelle vulcaniche e dallo scorrimento di flussi piroclastici, surges piroclastici e colate di fango (durante l'eruzione del 79 d.C. furono emessi circa 0.75 km³ di magma). Nella caldera formatasi durante l'eruzione del 79 d.C. è cresciuto il vulcano più giovane, il Vesuvio.

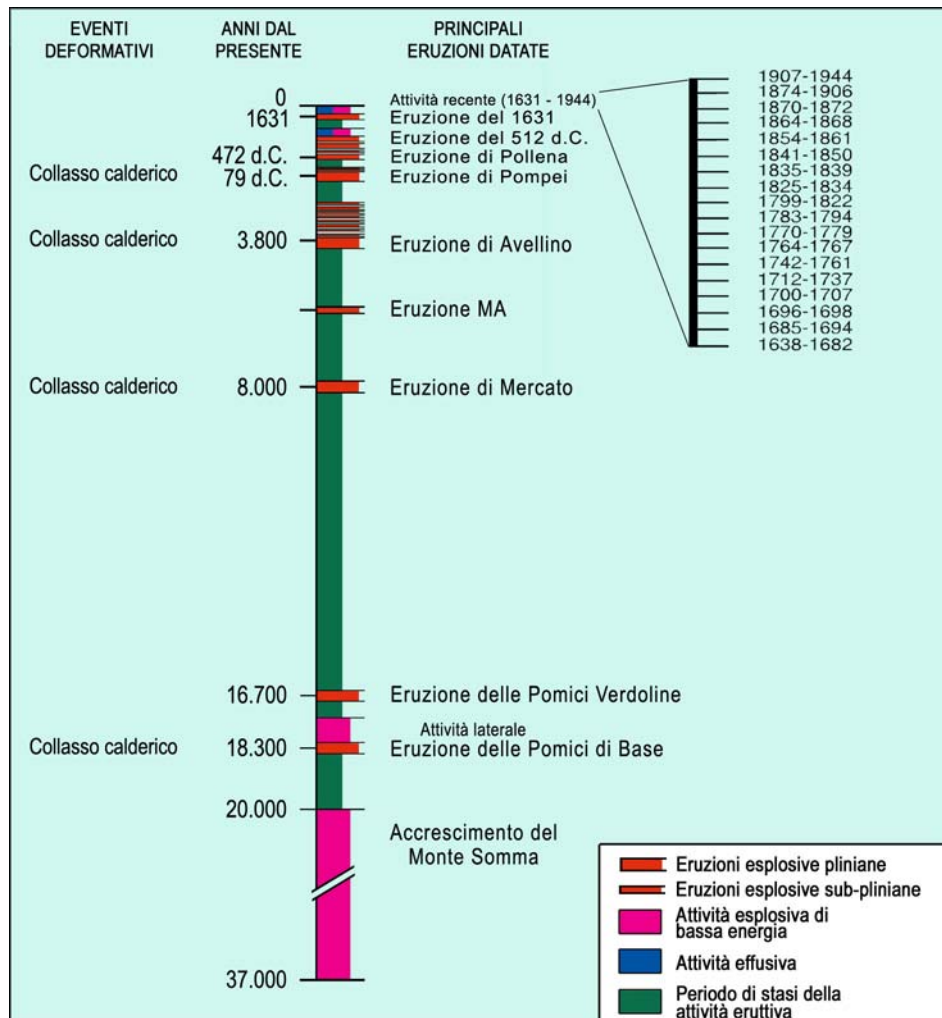


Fig. 4 – Cronogramma dell'attività del Somma-Vesuvio.

Per circa mille anni dopo il 79 d.C. il Vesuvio continuò, con frequenti eruzioni, a riversare i suoi prodotti sulle aree circostanti. Seguì poi un periodo di quiescenza che

durò circa cinque secoli, dal 1139 al 1631. Le generazioni che si avvicendarono ai piedi del vulcano cominciarono a dimenticare la reale natura della montagna, che nel frattempo si ricoprì di vegetazione, e assunse nuovamente quell'aspetto idilliaco che aveva avuto prima dell'eruzione dell'anno 79 d.C.. Il nuovo terribile risveglio, in una tragica notte del dicembre del 1631, seminò ancora distruzione e morte. A partire da questa eruzione, ha avuto inizio un periodo di attività eruttiva durante il quale si sono alternate fasi caratterizzate da prevalente attività stromboliana, brevi periodi di riposo che non sono mai stati superiori a sette anni e violente eruzioni miste (effusive ed esplosive) (Fig. 5).

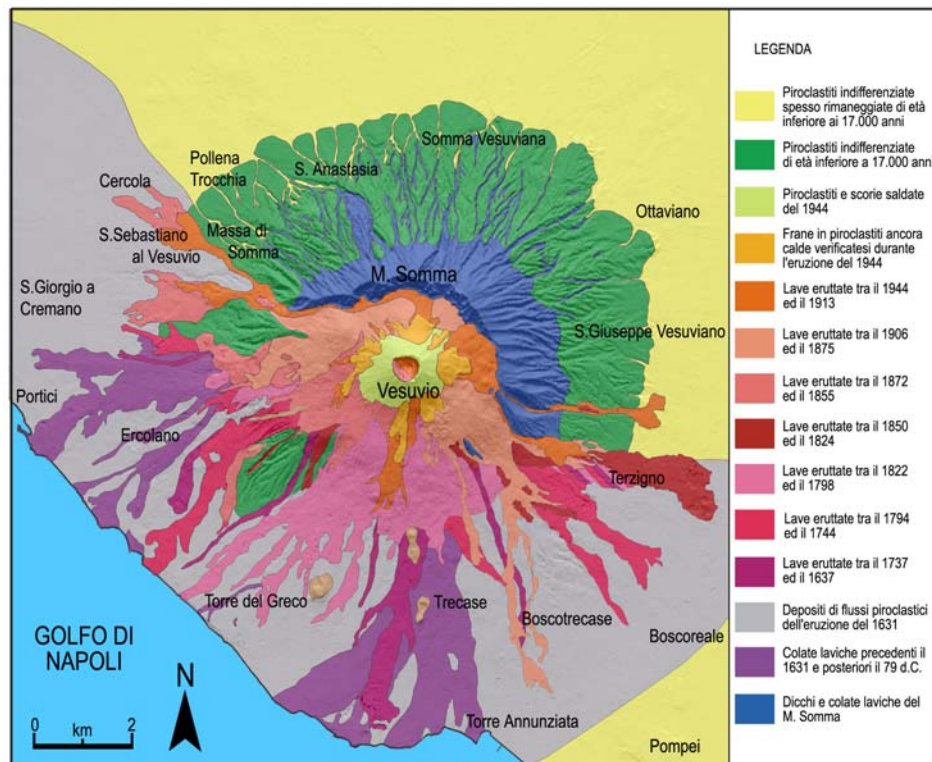


Fig. 5 – Carta geologica schematica del Somma-Vesuvio.

L'attività del vulcano richiamò scienziati e intellettuali da tutta Europa, che hanno lasciato nelle loro memorie di viaggio ricche e particolareggiate descrizioni del Vesuvio e della sua varie fenomenologie eruttive. Questo periodo si concluse con l'ultima eruzione, che iniziò il 18 marzo 1944 e terminò nei primi giorni di aprile dello stesso anno (Fig. 6).

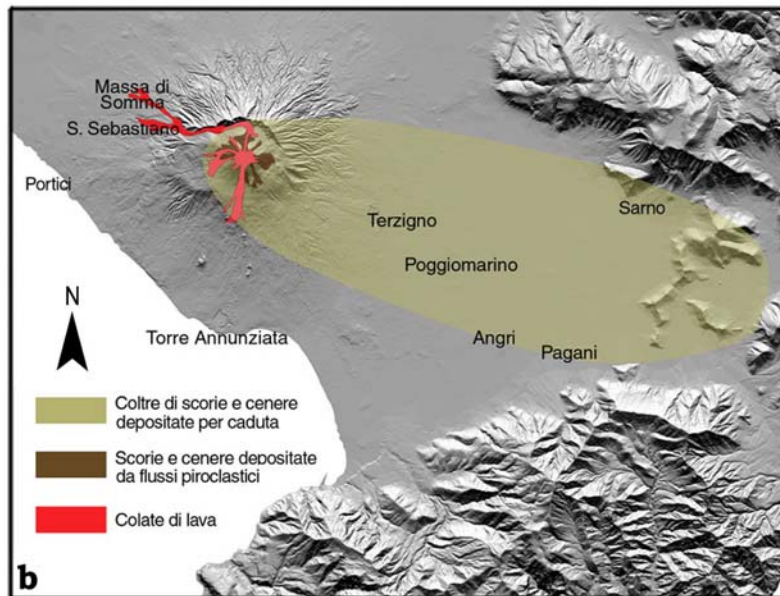


Fig. 6 – a) Il Vesuvio durante l'eruzione del 1944. (Foto scattata da un aereo americano).

b) Distribuzione dei depositi dell'eruzione del 1944.

Il comportamento del Vesuvio nel corso della sua storia è stato caratterizzato dall'alternanza tra periodi di attività eruttiva, durante i quali il condotto del vulcano è aperto, e periodi di quiescenza, in cui il condotto è ostruito. I periodi a condotto ostruito sono caratterizzati da assenza di attività eruttiva e da accumulo, in una camera magmatica, di magma proveniente dal profondo. Essi si concludono 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.

3.3 - Campi Flegrei

Nella storia della cultura europea i Campi Flegrei rappresentano il mito di Roma, celebrato nel libro VI dell'Eneide, quando Virgilio fa sbarcare proprio qui l'eroe capostipite della famiglia dell'imperatore Augusto. Era il mito, non la storia che cercavano sulle sponde flegree, i viaggiatori di ogni tempo come Francesco Petrarca, che del suo viaggio nel territorio d'Averno, di Cuma e Miseno, nel 1343 scrive:

"..ho visto tutti i luoghi di Virgilio"

Il nome Campi Flegrei cioè “Campi Ardenti“ (dal greco φλεγω “ardo”) fu dato a questa mitica regione, dove Ercole sconfisse i Giganti, “..da un monte che un tempo gettava fiamme” (Diodoro Siculo, I sec. a.C.). I Campi Flegrei sono una caldera risorgente complessa formata attraverso due principali episodi di sprofondamento avvenuti rispettivamente durante l’eruzione dell’Ignimbrite Campana, circa 37.000 anni fa, e l’eruzione del Tufo Giallo Napoletano, circa 12.000 anni fa (Fig. 7).

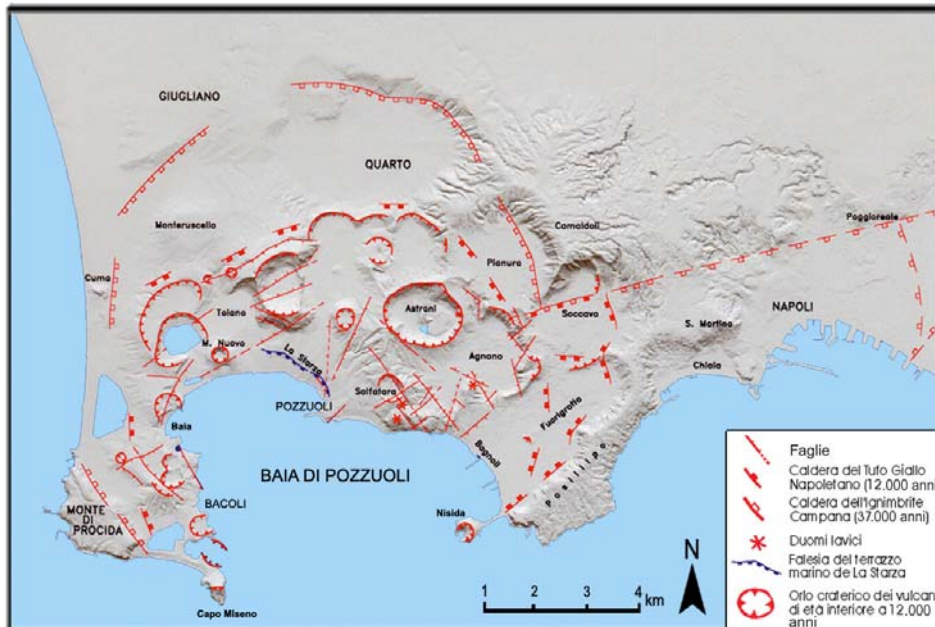


Fig. 7 – Carta morfo-strutturale dell’area napoletano-flegrea.

L’età di inizio del vulcanismo nell’area flegrea non è nota. I prodotti vulcanici più antichi in affioramento hanno 60.000 anni (Fig. 8). La maggior parte delle rocce più vecchie dell’Ignimbrite Campana è stata prodotta da eruzioni esplosive e solamente poche eruzioni effusive. Solo alcuni degli edifici vulcanici che si formarono in questo periodo più antico sono oggi esposti. Sulla base delle caratteristiche di alcuni depositi diversi di alcuni si può ipotizzare che l’area vulcanica attiva doveva essere più ampia dell’attuale caldera. Ad esempio Monte Grillo a Miliscola è il relitto di un cono piroclastico, e centri di eruzioni effusive verosimilmente si trovavano nelle vicinanze dei duomi lavici di Punta Marmolite e di Cuma.

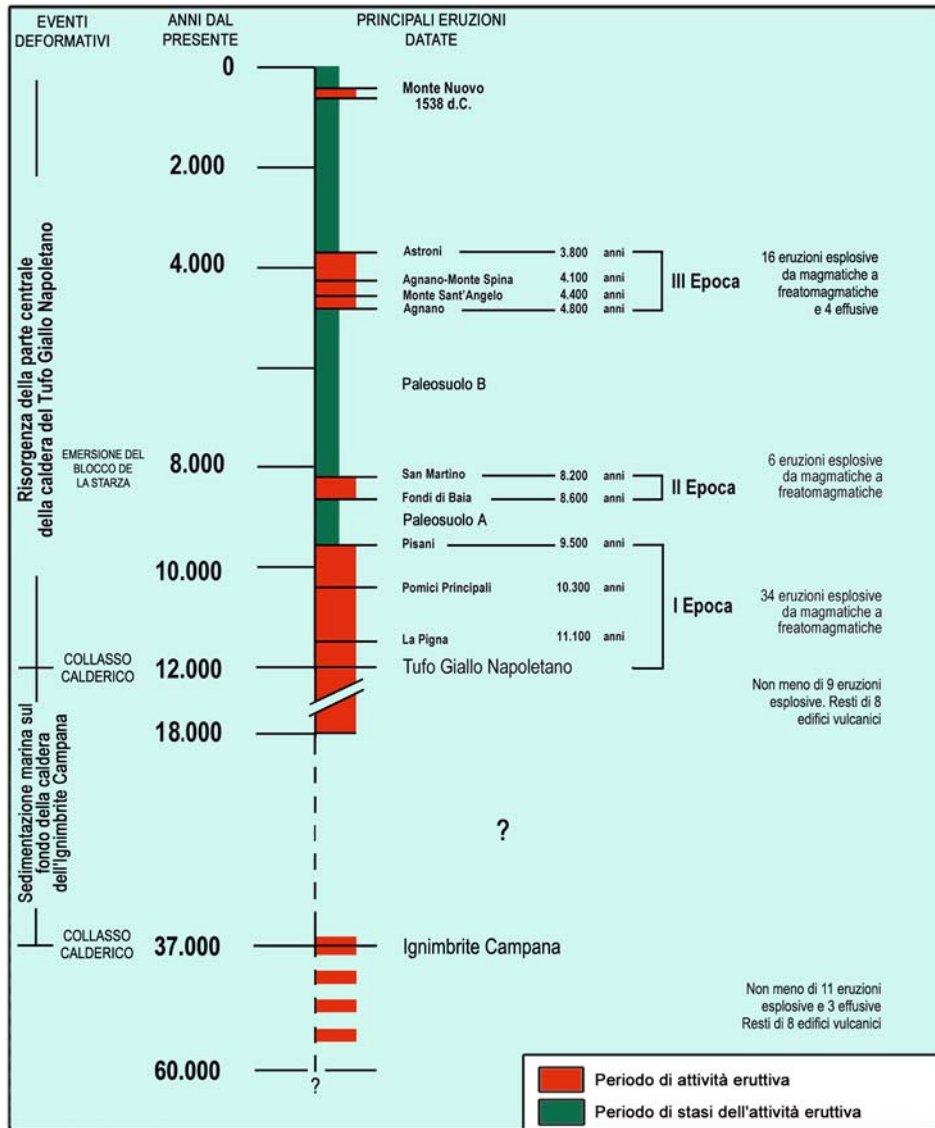


Fig. 8 – Cronogramma dell'attività dei Campi Flegrei.

L'eruzione che formò il tufo noto come Ignimbrite Campana è stata la più grossa eruzione esplosiva avvenuta nell'area mediterranea negli ultimi 200.000 anni (Fig. 9).

Durante questa eruzione furono emessi 150 km^3 di magma, formando il tufo che ricoprì, con spessori significativi, un'area di circa 30.000 km^2 . L'eruzione iniziò con la formazione di una colonna pliniana che raggiunse un'altezza di 45 km. Dalla parte più

alta di questa colonna, caddero al suolo frammenti che formarono un deposito piroclastico da caduta. Ceneri di quest'eruzione sono state ritrovate nei sedimenti sul fondo del Mar Mediterraneo e nei ghiacci della Groenlandia. Successivamente iniziò il collasso della caldera lungo faglie, attraverso le quali furono emessi flussi piroclastici. Alcuni di questi erano talmente espansi e poco densi che superarono rilievi montuosi di oltre 1.000 metri di altezza e, oltrepassando la baia di Napoli, superarono la Penisola Sorrentina. Alla fine di questa eruzione, la depressione calderica interessava un'area di circa 230 km² e lo sprofondamento era dell'ordine di circa 700 m. L'Ignimbrite Campana è stata largamente utilizzata come materiale da costruzione fin dai primi insediamenti greci dell'VIII sec. a. C..

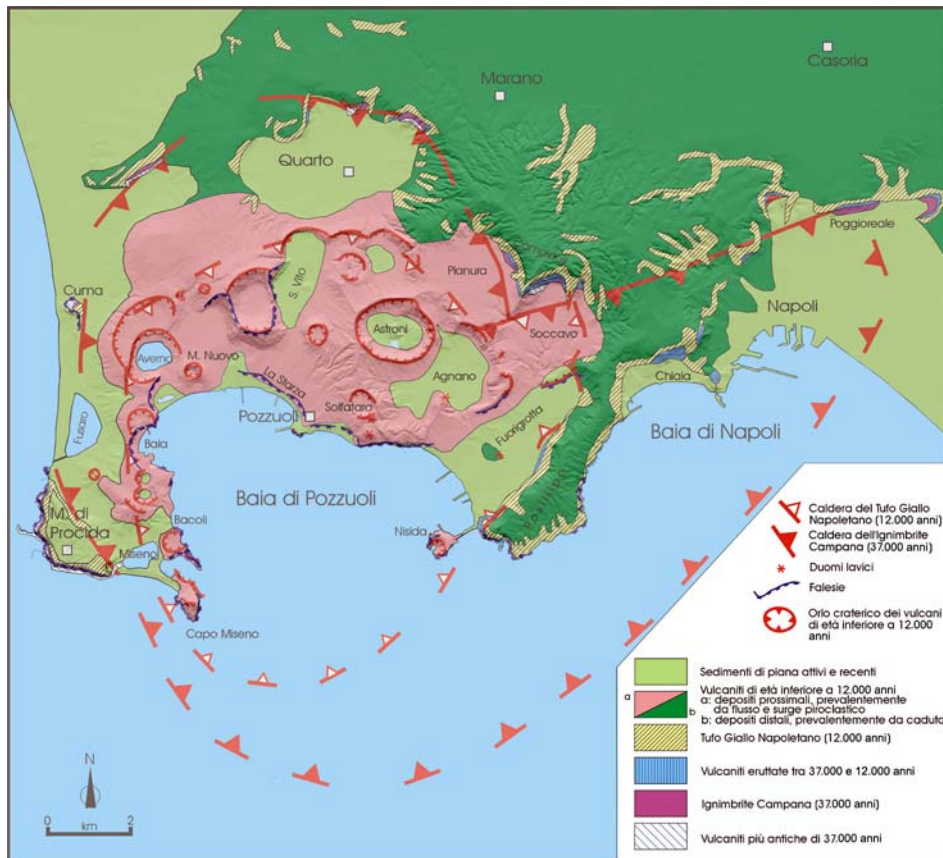


Fig. 9 – Carta geologica schematica dell'area napoletano-flegrea.

Tra l'eruzione dell'Ignimbrite Campana e quella del Tufo Giallo Napoletano, il vulcanismo della caldera è stato caratterizzato prevalentemente da eruzioni esplosive per lo più freatomagmatiche, che hanno prodotto estese coltri di depositi piroclastici e coni di tufo, e, in misura minore, da eruzioni effusive che hanno formato lave e duomi lavici. L'eruzione che 12.000 anni fa produsse il deposito piroclastico noto, per il suo tipico colore, come Tufo Giallo Napoletano, è la seconda per importanza nell'area napoletana. Essa, caratterizzata dall'alternarsi di esplosioni magmatiche e da un collasso calderico, emise circa 50 km³ di magma. Il Tufo Giallo Napoletano copre un'area superficiale di circa 1.000 km² e si rinviene nell'area napoletano-flegrea, nella Piana Campana fino ai rilievi dell'Appennino, e nel Golfo di Napoli. Il suo spessore massimo è di circa 100 m nelle zone più vicine al centro eruttivo. Anche il Tufo Giallo Napoletano, come l'Ignimbrite Campana, è stato molto utilizzato come materiale da costruzione. Dopo l'eruzione del Tufo Giallo Napoletano e il relativo collasso calderico, gran parte dell'attuale settore meridionale dei Campi Flegrei, a sud delle piane di Soccavo e Pianura, si trovò al di sotto del livello del mare. Rimasero emerse solo le zone più rilevate, come il promontorio di Cuma e il Monte di Procida che, in questa fase, dovevano essere delle piccole isole. Questa ingressione del mare è testimoniata dalla presenza di sedimenti marini intercalati ai depositi piroclastici. Il vulcanismo più recente dell'eruzione del Tufo Giallo Napoletano è stato concentrato in tre epoche di intensa attività avvenuta tra 12.000 e 9.500; 8.600 e 8.200; 4.800 e 3.800 anni fa. Alle epoche di attività si sono alternati periodi di quiescenza. Le eruzioni, prevalentemente esplosive di energia medio-bassa, si sono succedute, in ciascuna epoca di attività, ad intervalli medi dell'ordine delle decine di anni. Le uniche due grosse eruzioni si sono avute 10.300 anni fa (eruzione delle Pomice Principali) e 4.100 anni fa (eruzione di Agnano-Monte Spina).

L'ultima eruzione nei Campi Flegrei è avvenuta nel settembre del 1538 d.C., dopo un periodo di quiescenza durato circa 3.000 anni, e ha determinato la formazione del cono del Monte Nuovo. Questa eruzione è una delle più piccole verificatesi nei Campi Flegrei, ed è durata solo una settimana, con l'emissione di 0,025 km³ di magma. Essa produsse essenzialmente surges e flussi piroclastici, distribuiti in un raggio di circa 1 km intorno al centro di emissione. L'eruzione fu preceduta da deformazioni del suolo molto vistose e da attività sismica avvertita fino a Napoli.

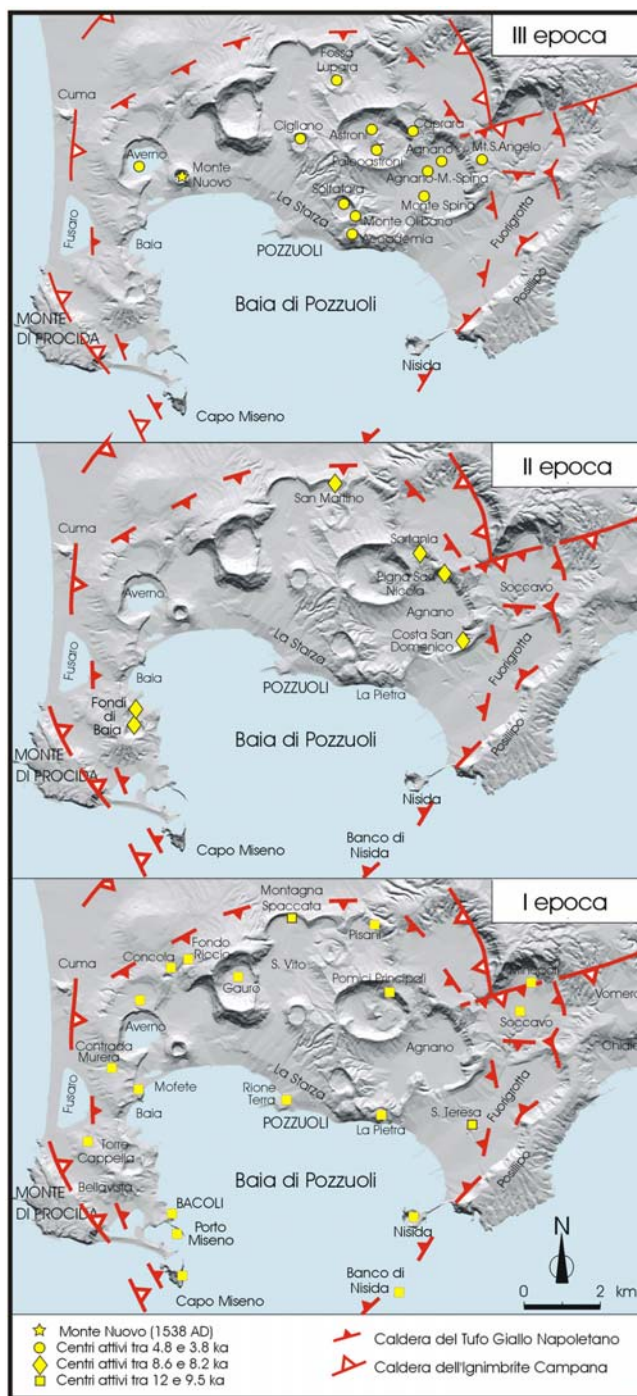


Fig. 10 – Distribuzione dei centri eruttivi della caldera dei Campi Flegrei durante ciascuna delle epoche di attività negli ultimi 12.000 anni.

Il fondo della caldera del Tufo Giallo Napoletano è stato deformato negli ultimi 10.000 anni da un fenomeno di risorgenza, tuttora in corso, che ha condizionato la distribuzione areale dei centri eruttivi (Fig. 10).

Il sollevamento complessivo della parte centrale della caldera, è stato di circa 90 m. Esso ha determinato l'emersione del terrazzo marino de La Starza, che, a partire dal collasso della caldera del Tufo Giallo Napoletano e fino a circa 4.500 anni fa aveva costituito, tranne che per un breve periodo di emersione, il fondo del mare. Le ultime manifestazioni di questo sollevamento sono i recenti eventi bradisismici del 1969-72, 1982-84, 1989, 1994, 1997 e 2000 (Fig. 11).

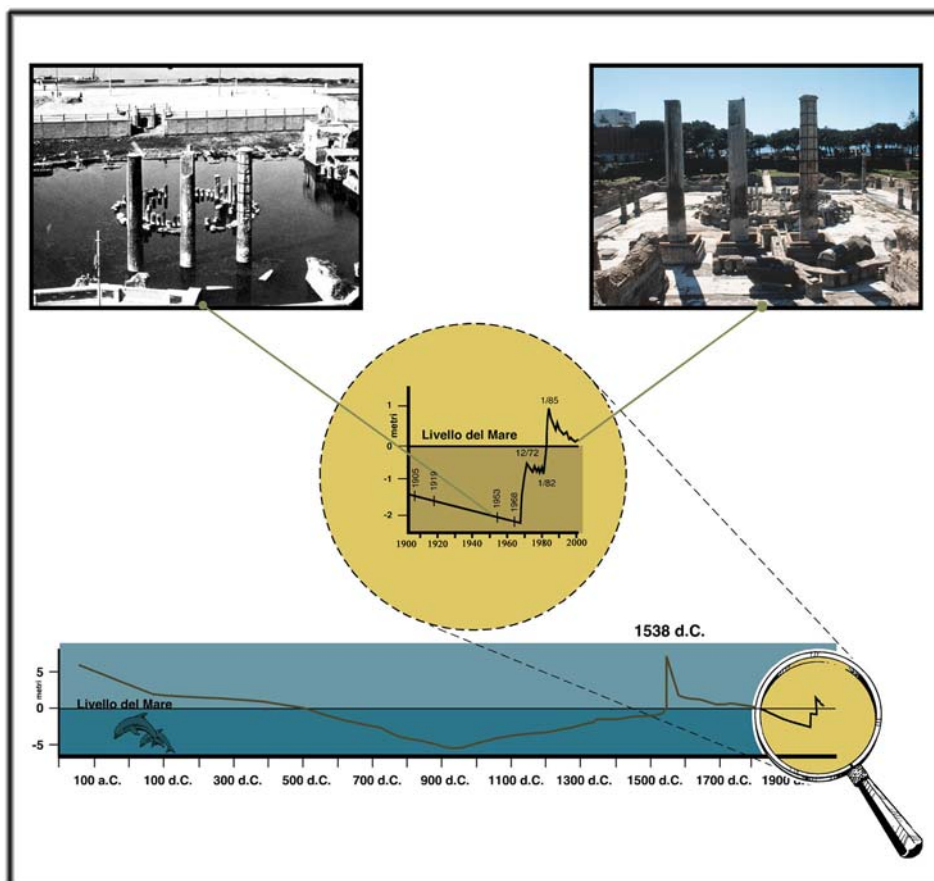


Fig. 11 – Ricostruzione del movimento del suolo al Serapeo, sulla base di dati geologici, documenti storici e, dal 1905, dati di livellazioni di precisione.

La posizione dei centri eruttivi e l'alternarsi di periodi di attività e di quiescenza sono strettamente correlati al collasso della caldera del Tufo Giallo Napoletano e alla dinamica della risorgenza della sua parte centrale. Oggi la caldera, oltre ad essere interessata da deformazioni del suolo, è sede di un'intensa e continua attività fumarolica. I risultati di studi effettuati usando diverse metodologie, suggeriscono che la camera magmatica è complessa e probabilmente ubicata a bassa profondità e di notevoli dimensioni.

Il comportamento passato e lo stato attuale della caldera dei Campi Flegrei indicano che essa è un vulcano ancora attivo e potrà dare eruzioni in futuro. Se un'eruzione avverrà nelle prossime decine di anni, potrà essere di tipo esplosivo. Pertanto la caldera dei Campi Flegrei è altamente pericolosa.

3.4 - Ischia

L'isola di Ischia fu la prima colonia, nell'Italia meridionale, fondata dai Greci intorno al 770 a.C. con il nome di Pithecura. La sua origine vulcanica era ben nota fin dall'antichità e Plinio il Vecchio, in riferimento ad isole sorte dal mare per eruzioni vulcaniche, così scrive:

“riferisco che in tal modo sia sorta anche Pithecura e che in seguito in quest'isola il Monte Epomeo, mentre dal medesimo prorompeva fiamma, sia stato ridotto in pianura, e che nella stessa isola una cittadina sia stata inghiottita dalla profondità e che con un altro movimento della terra sia emerso un lago e con un altro ancora, si sia formata l'isola di Procida”
(Plinio il Vecchio, Naturalis Historia, II, 203).

L'isola d'Ischia è un campo vulcanico che, probabilmente, nel passato era molto più esteso (Fig. 12). Le rocce vulcaniche presenti sull'isola sono il prodotto tanto di eruzioni effusive, che hanno formato colate e duomi di lava, quanto di eruzioni esplosive, che hanno generato estese coltri depositi piroclastici. L'età di inizio dell'attività vulcanica sull'isola non è nota con precisione. Le rocce più antiche datate hanno un'età di 150.000 anni (Fig. 13) e appartengono a un antico complesso vulcanico, i cui resti di si rinvennero nel settore sud-orientale dell'isola ricoperti dai prodotti di eruzioni più recenti.. Tra 150.000 e 74.000 anni fa si formarono piccoli duomi lavici Campagnano, Monte Vezzi, Monte Barano, Punta della Signora, Sant'Angelo, Punta Chiarito, Capo

Negro, Punta Imperatore, Monte Vico e l'isolotto su cui è costruito il Castello Aragonese, situati lungo le coste dell'attuale isola. A questo periodo di attività fece seguito un periodo di quiescenza, che si interruppe circa 55.000 anni fa con l'eruzione del Tufo Verde del Monte Epomeo. Questa eruzione fu accompagnata dal collasso calderico della parte centrale dell'isola, oggi occupata dal Monte Epomeo, che fu sommersa dal mare. Il tufo si depositò in mare sul fondo della caldera e ricoprì le zone allora emerse che oggi formano gli alti morfologici dell'isola.

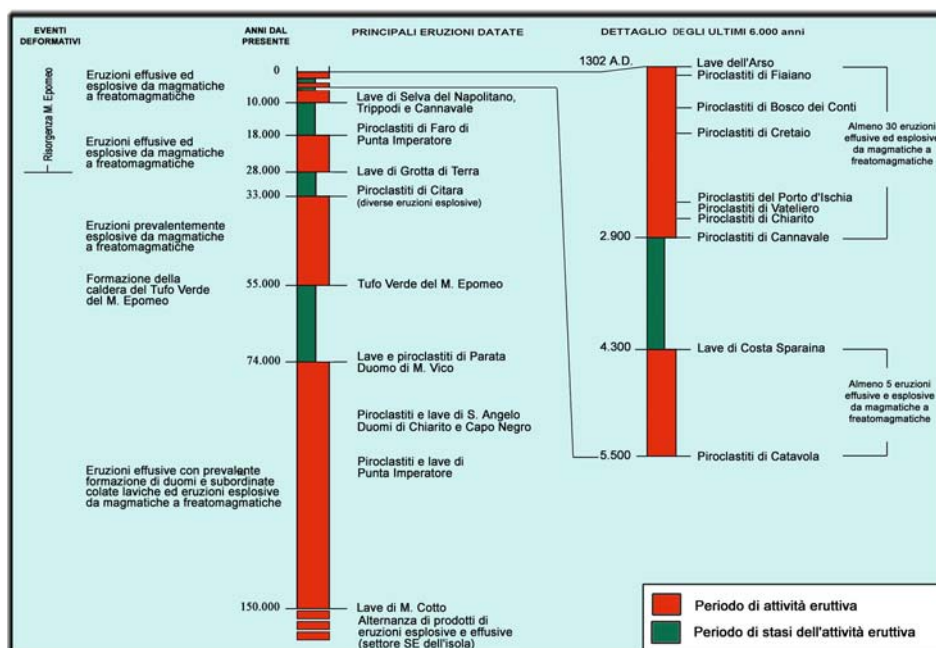


Fig. 12 – Cronogramma dell'attività di Ischia.

Dopo l'eruzione del Tufo Verde del Monte Epomeo, il vulcanismo è proseguito con una serie di eruzioni esplosive fino a circa 33.000 anni fa. Le rocce prodotte da queste eruzioni sono esposte lungo le scarpate tra Sant'Angelo e Punta Imperatore, a Citara e Monte Vico.

L'eruzione di Grotta di Terra, avvenuta circa 28.000 anni fa lungo la costa sud-orientale dell'isola, segnò la ripresa dell'attività eruttiva dopo una pausa durata alcune migliaia di anni. Questa attività continuò sporadicamente fino a 18.000 anni fa, con eruzioni effusive ed esplosive (magmatiche e idromagmatiche), che hanno prodotto colate laviche, coni di tufo e depositi piroclastici. Le rocce di questo periodo sono ben

esposte alla Grotta del Mavone, a Monte di Vezzi, nell'area di Sant'Anna e Carta Romana, a Monte Cotto e tra Punta Imperatore e il promontorio di Sant'Angelo.

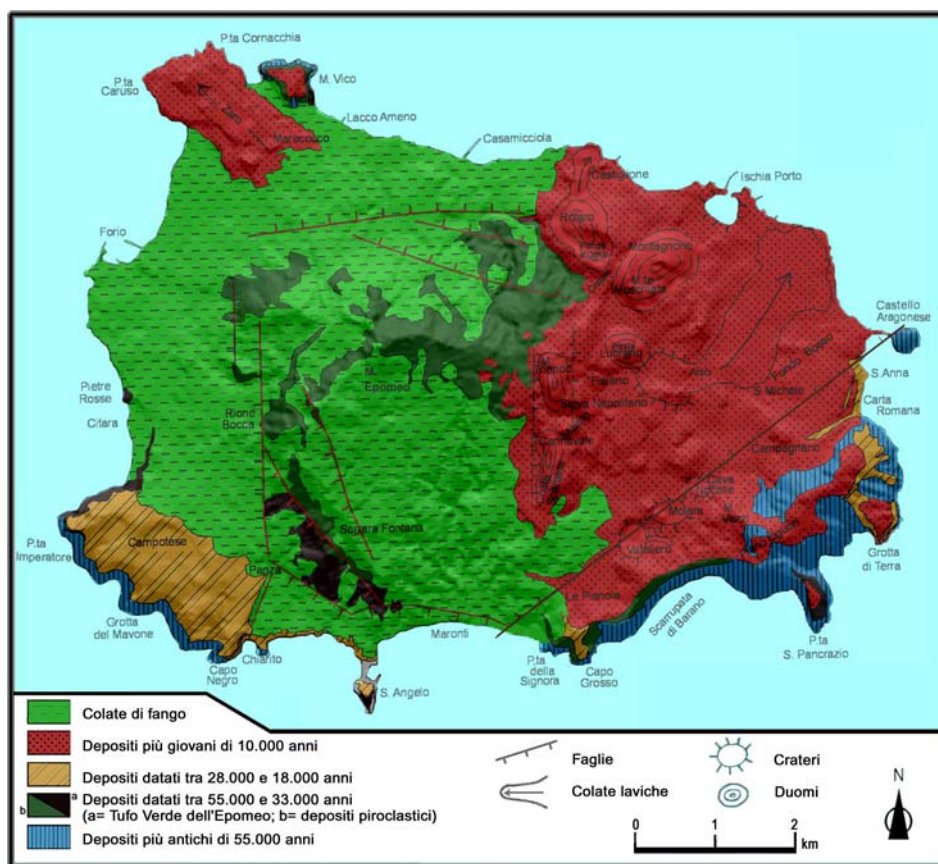


Fig. 13 – Carta geologica schematica dell'Isola di Ischia.

Dopo un periodo di quiescenza di circa 8.000 anni, l'attività vulcanica riprese 10.000 anni fa, producendo 46 diverse eruzioni, concentrate principalmente tra 2.900 anni fa e il 1302 d.C., anno dell'ultima eruzione. I centri eruttivi, localizzati prevalentemente nel settore orientale dell'isola, generarono eruzioni effusive ed esplosive, che produssero colate di lava e depositi piroclastici da caduta e da flusso. Gli edifici vulcanici sono duomi lavici, coni di pomici, coni di scorie e coni di tufo.

L'ultima eruzione, detta eruzione dell'Arso, fu così descritta in una cronaca dell'epoca:

“Nel detto anno 1302 l’isola d’Ischia, la quale è presso Napoli, gittò grandissimo fumo, per modo che gran parte dell’isola consumò [...]; e molti per iscampare fuggirono all’isola di Procida e a quella di Capri, e a terra ferma di Napoli, e a Baja, e a Pozzolo e in quelle contrade, e durò la detta pestilenza più di due mesi” (Giovanni Villani, Nuova Cronica, VIII, 54).

La parte centrale dell’isola, dominata dal Monte Epomeo, risulta dal sollevamento del fondo della caldera del Tufo Verde del Monte Epomeo, iniziato circa 33.000 anni fa. Le modalità di sollevamento e deformazione del blocco del Monte Epomeo hanno determinato la concentrazione dei centri eruttivi negli ultimi 10.000 anni quasi esclusivamente nel settore orientale dell’isola margine orientale (Fig. 14).

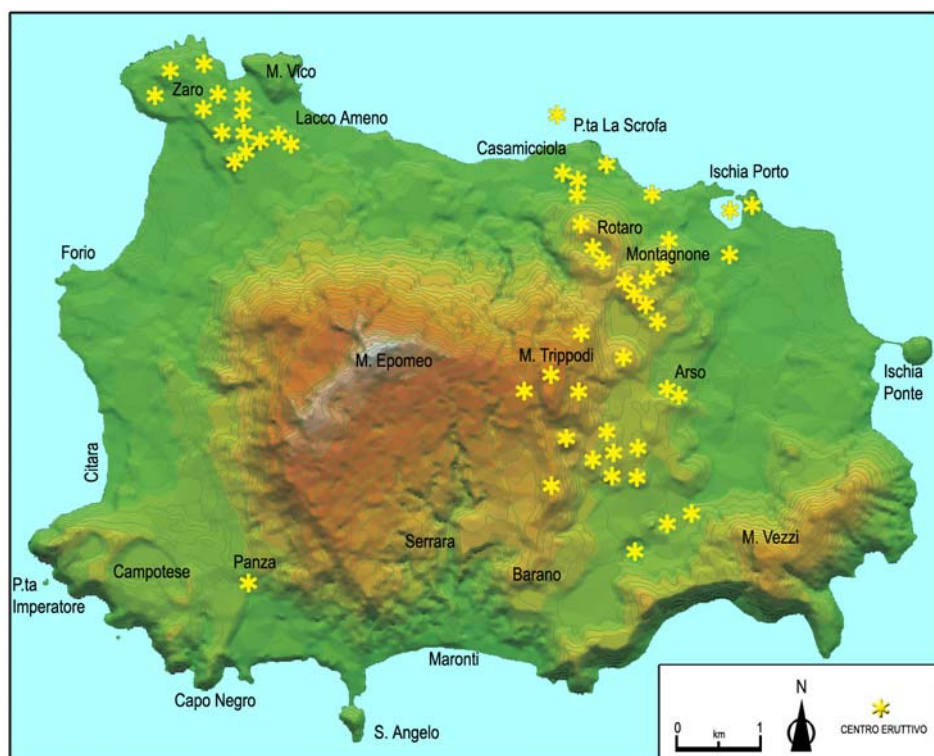


Fig. 14 – Distribuzione dei centri eruttivi attivi negli ultimi 10.000 anni all’isola di Ischia

La storia geologica di Ischia evidenzia che l’attività eruttiva può riprendere dopo periodi di quiescenza più o meno lunghi. Dall’ultima eruzione il sistema vulcanico ha

continuato a manifestare il suo persistente stato di attività attraverso terremoti – il più disastroso avvenne a Casamicciola nel 1882 – e una diffusa attività fumarolica e idrotermale.

Il comportamento passato e lo stato attuale del sistema vulcanico di Ischia suggeriscono che esso è ancora attivo e che può dare eruzioni in futuro e che, se un'eruzione dovesse avvenire in tempi brevi o medi, potrebbe essere di tipo esplosivo. Pertanto il vulcano deve considerarsi pericoloso.

3.5 - Il sistema di sorveglianza dell'Osservatorio Vesuviano

L'Osservatorio Vesuviano, fondato nel 1841, primo osservatorio vulcanologico del mondo, gestisce il sistema di sorveglianza dei vulcani attivi dell'area napoletana. Tale sistema si è andato nel tempo adeguando allo sviluppo delle conoscenze vulcanologiche e tecnologiche, con l'obiettivo di permettere una previsione a breve termine sempre più accurata e tempestiva. Attualmente il sistema di sorveglianza dell'Osservatorio Vesuviano comprende reti geofisiche e geochemiche per il Vesuvio, i Campi Flegrei e Ischia (Fig. 15).

Le reti geofisiche controllano l'attività sismica, le deformazioni del suolo e le variazioni del campo gravimetrico, mentre le reti geochemiche controllano le variazioni della composizione chimica dei gas emessi dalle fumarole e dal suolo, e di quelli disciolti nelle acque di falda.

- Controllo dell'attività sismica. Il controllo dell'attività sismica viene effettuato attraverso una rete di stazioni sismiche. La rete, costituita da un elevato numero di stazioni sismiche fisse; in caso di aumento dell'attività, viene potenziata con l'aggiunta di stazioni mobili.

In ciascuna stazione, opportuni sensori rilevano il moto del suolo e trasferiscono, in tempo reale, i dati rilevati al Centro di Sorveglianza, dove vengono raccolti, analizzati e interpretati. Le prime analisi che si effettuano sono finalizzate alla localizzazione dell'epicentro e dell'ipocentro della scossa registrata, ed alla valutazione della sua magnitudo, indice dell'energia liberata.

- Controllo delle deformazioni del suolo. Il controllo delle deformazioni del suolo viene effettuato attraverso misure geodetiche periodiche o in continuo. A questo scopo vengono utilizzate diverse tecniche – livellazioni di precisione, EDM (*Electronic Distance Measurement*), GPS (*Global Positioning System*), SAR (*Synthetic Aperture*

Radar) – per ciascuna delle quali è stata istituita un'apposita rete. Ciascuna rete è configurata in modo da consentire una efficace caratterizzazione del campo di deformazione in quella specifica area. Le reti sono finalizzate al controllo delle deformazioni verticali ed orizzontali del suolo. Si misurano cioè, con cadenza determinata, le variazioni della quota e della distanza tra punti fissi. Da alcuni anni si utilizza prevalentemente il sistema GPS che, mediante l'impiego di satelliti artificiali e di una rete di vertici tridimensionali, consente di controllare con continuità le deformazioni del suolo. Inoltre al Vesuvio e ai Campi Flegrei si misurano in continuo variazioni sia dell'inclinazione del suolo, attraverso una rete clinometrica, sia del livello del mare, attraverso una rete mareografica. Quest'ultima permette di valutare, per confronto con il livello del mare registrato in aree stabili lontane dai vulcani, eventuali variazioni del livello del suolo.

- Controllo del campo gravimetrico. Le reti gravimetriche sono costituite da numerose stazioni fisse di misura. Periodiche misure dell'accelerazione di gravità in ciascuna di queste stazioni consentono di valutare con grande precisione eventuali variazioni del campo gravitazionale.
- Controllo geochimico. Le reti geochimiche sono finalizzate al controllo del flusso e della composizione dei gas delle fumarole, dei gas emanati dal suolo e delle acque di falda. In particolare, oltre al flusso di anidride carbonica (CO_2) e del vapore acqueo (H_2O), vengono rilevate le variazioni nel tempo di quelle specie chimiche che sono essenzialmente liberate dal magma, quali alcuni gas acidi – acido cloridrico (HCl), acido fluoridrico (HF), acido solforico (H_2SO_4) –. Tali variazioni possono essere indicative di una ripresa dell'attività vulcanica. Al Vesuvio sono misurati in continuo, attraverso una stazione automatica installata all'interno del cratere, il flusso di CO_2 dal suolo, la pressione atmosferica e la temperatura del suolo e dell'aria. Sono inoltre periodicamente analizzate le fumarole presenti lungo il bordo ed all'interno del cratere e quelle sottomarine nei pressi del porto di Torre del Greco. Nei Campi Flegrei viene eseguito il campionamento periodico delle fumarole della Solfatara e il monitoraggio, sia continuo che periodico, del flusso di CO_2 dal suolo, nell'area della Solfatara e in alcune aree limitrofe. Tramite una stazione idrometrica digitale, inoltre si controlla il livello e la temperatura della falda a quota -120 m nell'area vesuviana (Camaldoli della Torre).

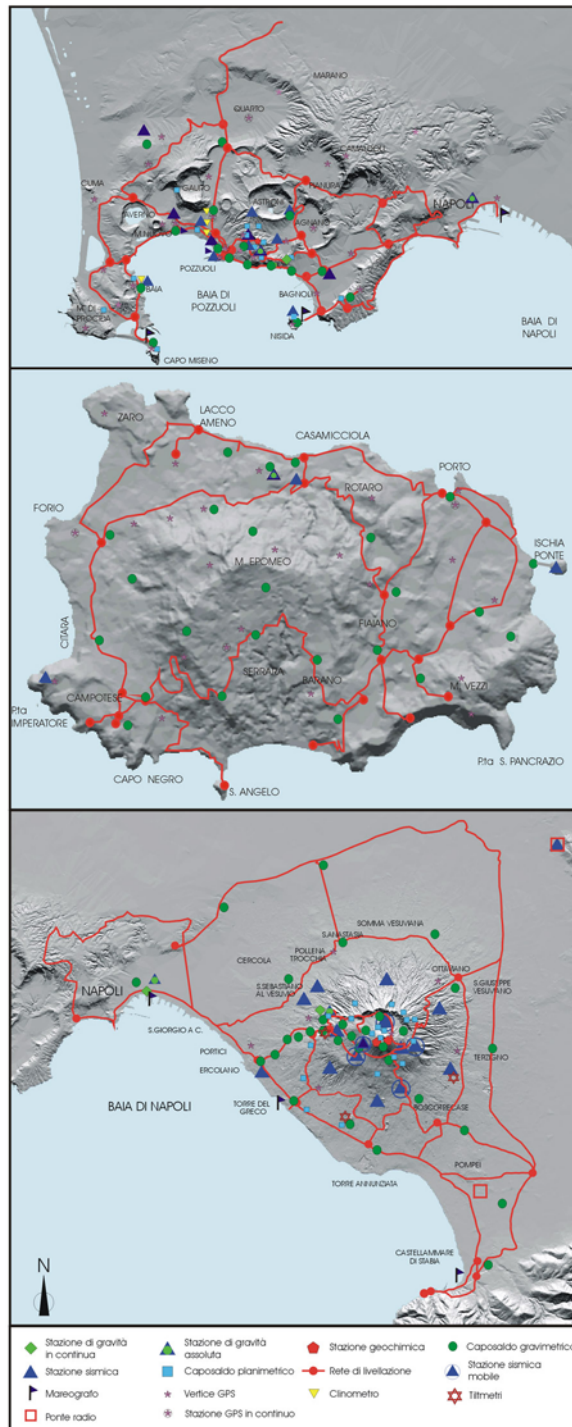


Fig. 15 – Sistema di sorveglianza dell'Osservatorio Vesuviano per i vulcani napoletani.

4 - IL RISCHIO VULCANICO NELL'AREA PARTENOPEA

L'area vulcanica partenopea comprende, come abbiamo visto, tre vulcani attivi e pericolosi: – Somma-Vesuvio, Campi Flegrei e Ischia – ed è abitata da circa tre milioni di persone, con una elevata densità di popolazione.

La storia vulcanica e deformativi, e lo stato attuale di questi vulcani, consentono di prevedere che essi possono dare ancora eruzioni e che queste potrebbero essere di tipo esplosivo. La pericolosità dei tre vulcani, l'alto valore esposto (Fig. 16) e la sua elevata vulnerabilità fanno dell'area napoletana una delle zone a più alto rischio vulcanico del mondo.



Fig. 16 – Immagine da satellite dell'area napoletano-flegrea in cui è evidenziata l'urbanizzazione. (Telespazio).

4.1 - Il rischio può essere ridotto

Dalla definizione di rischio (cfr. cap. 2) si evince con chiarezza che esso può essere mitigato intervenendo sulla consistenza del valore esposto al pericolo e sulla sua vulnerabilità. Ciò significa in primo luogo pianificare rigorosamente lo sviluppo del territorio, in modo da contenere il valore esposto e favorire gli interventi per la

mitigazione del rischio, come ad esempio l'evacuazione preventiva della popolazione nel caso di eruzione imminente. Nell'area partenopea si è consentita, dal secondo dopoguerra in poi, un'urbanizzazione tanto intensa da incrementare in maniera drammatica il valore esposto: attualmente nella zona a più alto rischio vesuviana e flegrea vivono circa 1.000.000 di persone. In questo contesto ancora più importanti appaiono non solo la pianificazione delle azioni da realizzare in caso di emergenza, ma anche la promozione di attività di prevenzione tra cui la formazione e l'informazione della popolazione. Infatti persone formate e informate sulle problematiche inerenti la pericolosità e il rischio vulcanico contribuiscono a un corretto uso del territorio e partecipano con maggiore consapevolezza ed efficacia all'attuazione delle azioni pianificate.

E' evidente, pertanto, che discutere di rischio, e non solo di pericolo, apre la questione a un ambito non tanto scientifico quanto etico e politico: quello della responsabilità. Tutti i soggetti coinvolti, istituzionali e non, sono chiamati a una presa di coscienza della propria responsabilità, affinché ciascuno svolga la propria parte nella realizzazione degli interventi possibili. Ma qual è la parte di ciascuno?

La Comunità Scientifica ha il compito precipuo di definire la pericolosità di un vulcano, di effettuare sia una previsione a lungo e breve termine, che una zonazione del territorio in funzione degli eventi attesi.

Lo Stato, secondo quanto stabilito dalle vigenti leggi in materia di protezione civile, ha il compito di formulare gli indirizzi per la predisposizione e l'attuazione dei programmi di previsione e prevenzione in relazione alle varie ipotesi di rischio, e di promuovere ricerche nei diversi ambiti disciplinari. Tali ricerche devono essere finalizzate alla definizione dei pericoli, alla valutazione del loro impatto sul territorio, alla stima e alla riduzione della vulnerabilità, allo sviluppo e alla gestione di sistemi di sorveglianza utili per prevedere l'evento e far scattare gli allarmi. In ambito operativo è compito dello Stato, d'intesa con le Regioni e gli Enti Locali interessati, occuparsi del complesso di tutte le attività connesse agli eventi calamitosi che "per intensità ed estensione debbono essere fronteggiati con mezzi e poteri straordinari". Queste attività consistono nell'approvare ed attuare i piani di emergenza, assicurare i primi soccorsi alle popolazioni colpite, acquisire elementi tecnici sull'intensità ed estensione degli eventi calamitosi per la proposta della dichiarazione dello stato di emergenza, rilevare i danni e approvare i piani di intervento per il superamento dell'emergenza e la ripresa delle

normali condizioni di vita. A questi compiti si aggiungono l'impegno a svolgere periodiche esercitazioni relative ai piani nazionali di emergenza, a promuovere attività di formazione e di informazione della popolazione, e a coordinare le organizzazioni di volontariato per favorirne la partecipazione alle attività di protezione civile.

Le Regioni, sulla base delle direttive nazionali, devono predisporre i programmi di previsione e prevenzione dei rischi e dettare gli indirizzi per l'elaborazione dei piani provinciali di emergenza in caso di eventi calamitosi che "per loro natura ed estensione, comportano l'intervento coordinato di più enti e amministrazioni competenti in via ordinaria". Inoltre esse devono sia provvedere all'attuazione degli interventi urgenti e di tutte le operazioni necessarie per favorire il ritorno alle normali condizioni di vita, che gestire l'organizzazione e l'utilizzo del volontariato.

Le Province hanno il compito di attuare le attività di previsione e gli interventi di prevenzione dei rischi stabilite dai programmi e dai piani regionali, di predisporre i piani provinciali di emergenza sulla base degli indirizzi regionali, e di provvedere all'attivazione dei servizi urgenti per fronteggiare gli eventi che "per loro natura ed estensione, comportano l'intervento coordinato di più enti e amministrazioni competenti in via ordinaria".

I Comuni devono attuare le attività di previsione e gli interventi di prevenzione dei rischi stabiliti dai programmi e piani regionali, e predisporre e attuare i piani comunali e intercomunali di emergenza. Il Sindaco, autorità comunale di protezione civile, al verificarsi dell'emergenza nell'ambito del proprio territorio, assume la direzione e il coordinamento dei servizi di soccorso e di assistenza alle popolazioni colpite e provvede agli interventi necessari per fronteggiare l'evento, utilizzando anche il volontariato locale.

Un compito trasversale a tutti i soggetti è quello di fornire un'informazione costante e precisa e di operare, insieme alle agenzie informative e formative del territorio (scuola, mezzi di comunicazione di massa, associazioni, ecc.), per favorire una cultura della prevenzione.

4.2 - I Piani di emergenza relativi al rischio vulcanico

I piani di emergenza sono uno strumento indispensabile per la mitigazione del rischio. Per il rischio vulcanico sono elaborati in funzione dello scenario eruttivo e dei livelli di allerta definiti per uno specifico vulcano e per un determinato tempo, della

popolazione e della sua distribuzione sul territorio, delle infrastrutture e della loro vulnerabilità, e del comportamento più probabile delle persone. Ciascuno di questi parametri può variare nel tempo sia per il progredire delle conoscenze scientifiche, sia per variazioni del comportamento del vulcano, sia perché provvedimenti amministrativi possono modificare l'assetto urbanistico del territorio, sia infine per l'effetto di programmi di educazione e informazione. Pertanto un piano di emergenza non deve essere considerato uno strumento statico e valido per un tempo indefinito. Al contrario, esso deve essere inteso come uno strumento dinamico da sottoporre a periodico aggiornamento in funzione del variare dei parametri su cui è stato elaborato.

4.3 - Piano di emergenza “Vesuvio”.

In base ai risultati degli studi vulcanologici condotti recentemente al Vesuvio, che hanno consentito di ricostruirne la storia eruttiva, il comportamento del sistema magmatico nel tempo e lo stato attuale di attività del vulcano, il Gruppo Nazionale per la Vulcanologia ha definito la massima eruzione attesa nel caso di ripresa dell'attività eruttiva a breve-medio termine (dell'ordine di decine di anni). Tale evento è rappresentato da un'eruzione subpliniana del tipo di quella verificatasi nel 1631.

L'eruzione del 1631 è stata la più violenta e distruttiva della storia del Vesuvio nell'ultimo millennio e si verificò dopo un periodo di quiescenza del vulcano durato alcuni secoli. Essa causò la devastazione di un'area di circa 500 km² e la morte di circa quattromila persone.

In base allo scenario eruttivo della massima eruzione attesa è stato elaborato da una Commissione istituita dal Ministro della Protezione Civile un piano di emergenza nazionale dell'area Vesuviana. Il piano è attualmente in via di aggiornamento da parte della “Commissione incaricata di provvedere all'aggiornamento dei piani di emergenza dell'area flegrea e dell'area vesuviana”. E' importante evidenziare che l'evento massimo atteso non è necessariamente il più probabile: l'effettiva eruzione potrebbe essere più modesta dell'evento considerato come riferimento per l'elaborazione del piano di emergenza. Poiché è impossibile, con le attuali conoscenze, prevedere prima dell'eruzione la sua dinamica eruttiva e la quantità di magma emesso, la decisione presa dalla Protezione Civile è stata quella di considerare, come scenario di riferimento, l'evento massimo atteso nel caso di ripresa dell'attività del Vesuvio a breve-medio termine.

Lo scenario di riferimento 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 (pomici 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, 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, collasserà 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 mobilizzare il materiale piroclastico depositato al suolo, provocando colate di fango e alluvionamenti delle aree morfologicamente depresse.

L'unica difesa per la popolazione da un'eruzione esplosiva del tipo di quella descritta è l'allontanamento dall'area a maggior rischio, cioè quella che può essere invasa dai flussi piroclastici, prima dell'inizio dell'eruzione.

Negli ultimi anni evacuazioni tempestive hanno salvato centinaia di migliaia di vite umane; basti citare per tutte le recenti eruzioni di vulcani Pinatubo nelle Filippine, Usu in Giappone, Tavorvur e Vulcan in Nuova Guinea e Popocatepelt in Messico. Al contrario, decine di migliaia di morti si sono avute quando ai fenomeni precursori manifestati dal vulcano non sono seguiti interventi di protezione civile, come al Nevado del Ruiz in Colombia, nel 1986. La decisione di allontanare la popolazione dall'area a maggior rischio sarà presa sulla base dell'analisi dei fenomeni precursori rilevati dal sistema di sorveglianza dell'Osservatorio Vesuviano.

Le informazioni storiche relative agli ultimi secoli di attività del Vesuvio e i fenomeni registrati prima delle ultime eruzioni indicano che, come per la maggior parte dei vulcani, le eruzioni vesuviane hanno avuto fenomeni precursori, quali intensa attività sismica, vistose deformazioni del suolo e intensificazione dell'attività fumarolica. L'analisi delle fonti storiche sui fenomeni precursori dell'eruzione del 1631 ha permesso

di stabilire che alcune settimane prima dell'eruzione si verificarono terremoti percepiti anche a Napoli e vistose deformazioni del suolo, concentrate nella zona craterica e pericraterica. Come precursore a breve-medio termine, fu osservato l'abbassamento del livello e l'intorbidamento dell'acqua nei pozzi su una vasta area. Precursori a breve-brevissimo termine furono un forte aumento dell'emissione di gas e vapori al cratere, fenomeni acustici e sismici (tremore) legati agli ultimi stadi della risalita del magma verso la superficie.

Nessuno considerò questi fenomeni un avvertimento della ripresa di attività del Vesuvio, come scrive Giulio Cesare Braccini riferendosi all'intorbidamento delle acque nei pozzi, nel suo resoconto sull'eruzione del 1631:

“Se fossero stati accorti avrebbero da questo solo, quando non da altro potuto prevedere i terremoti che appresso ne seguirono, e salvarsi; sebbene come disse colui: perituri non recipiunt consilia...”

Quindi, prima dell'eruzione del 1631 e nonostante la mancanza di qualsiasi strumentazione, furono osservati vari fenomeni precursori. Oggi, con i sofisticati strumenti scientifici a disposizione, è legittimo ritenere che tali fenomeni saranno avvertiti con anticipo ancora maggiore, come indica anche l'esperienza maturata in varie parti del mondo su vulcani simili al Vesuvio.

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 (Fig. 17).

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 alcuni 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 - Convocazione del C.C.S. - Organizzazione supporto logistico alla Comunità Scientifica - Organizzazione delle prime informazioni alla popolazione unitamente ai Sindaci dei comuni interessati Prefettura di Napoli - Comunicazione a: a) Dipartimento della Protezione Civile b) Ministero dell'Interno c) Presidente Giunta Regionale Campania d) Presidente Amministrazione Provinciale di Napoli e) Sindaci	I FASE Attenzione
Preallarme	Ulteriore variazione di parametri controllati	Media	Indefinito, comunque non meno di alcune settimane	Continua 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 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	II FASE Preallarme
Allarme	Comparsa di fenomeni ed 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 allarme - Evacuazione dei 18 comuni vesuviani - Allontanamento ogni famiglia con mezzi propri - Attivazione Stato Operativo allertativo - Riequipaggio dei soccorritori - Spostamento Centri Operativi in Zona Gialla - Controllo del territorio evacuato al limite esterno della zona rossa - Allontanamento strutture ricettive della Campania	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 sistemi 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, V.V.F.) Dipartimento della Protezione Civile - Rientro controllato - Richiesta revoca stato di emergenza	V FASE Dopo l'evento

Fig. 17 – Modulo operativo del piano emergenza “Vesuvio”.

Il piano 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 (Fig. 18). 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 scavalco 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.

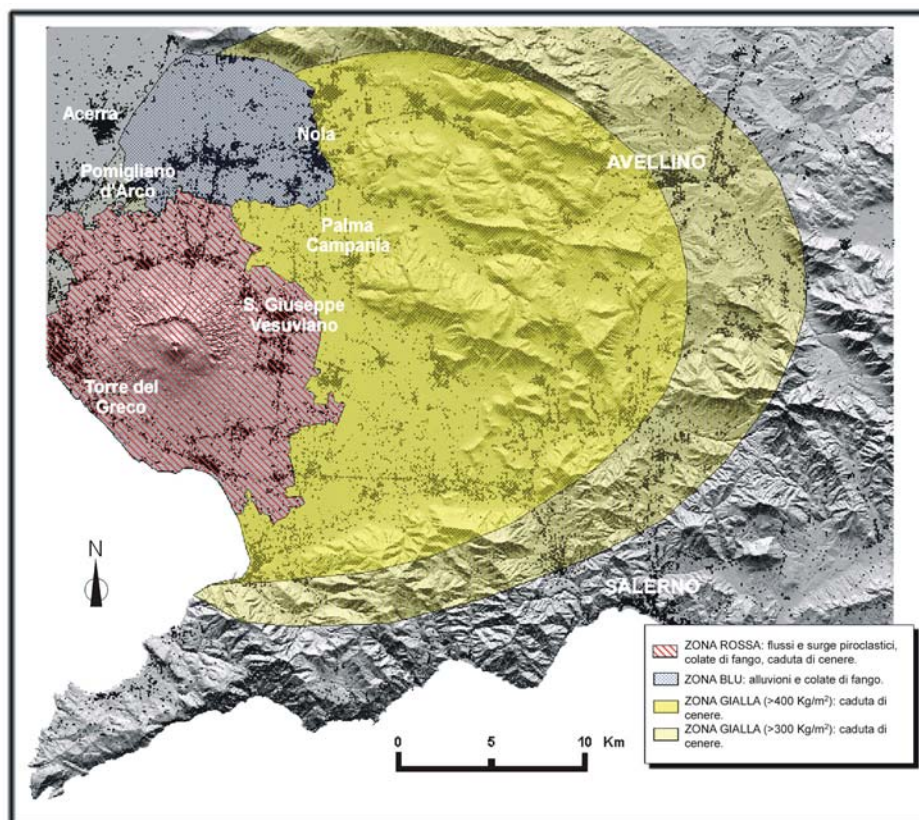


Fig. 18 – Carta del rischio vulcanico dal piano di emergenza “Vesuvio”.

La Zona Gialla è quell’area che potrebbe essere interessata da caduta di particelle con carico maggiore di 300 Kg/m^2 , che provocherebbe il collasso dei tetti delle costruzioni in cemento. Essa ha un’estensione di 1.100 Km^2 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/m^2 , potrebbe essere invasa da colate di fango ed essere interessata da inondazioni e alluvionamenti. Essa ha un'estensione di circa 100 Km^2 e corrisponde alla conca di Nola.

4.4 - Piano di emergenza "Campi Flegrei"

Il comportamento passato e lo stato attuale della caldera dei Campi Flegrei indicano che essa è un vulcano ancora attivo e 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.

Allo scopo di ridurre questo alto rischio, la Protezione Civile ha istituito una Commissione Nazionale incaricata di provvedere all'aggiornamento del piano di emergenza già esistente da mettere in atto in caso di ripresa dell'attività eruttiva. Il lavoro della Commissione è ancora in corso.

La storia vulcanologica della caldera dei Campi Flegrei negli ultimi 10.000 anni descritta nel capitolo precedente pone dei vincoli alla definizione dello scenario eruttivo in caso di ripresa dell'attività in tempi medio-brevi.

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, attualmente abitata da circa 350.000 persone (Fig. 19).

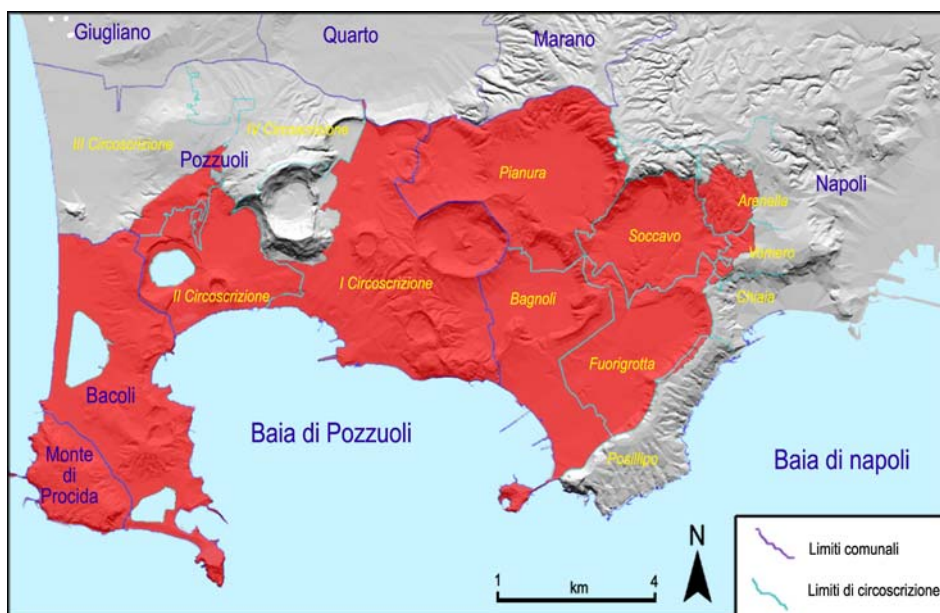


Fig. 19 – Carta di rischio vulcanico per scorrimento di flussi piroclastici nella caldera flegrea. (Agenzia di Protezione Civile).

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 (Fig. 20). 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 diversi 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 teorico scientifico ed incremento del sistema 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 di parametri controllati che indicano una dinamica pre-eruttiva	Alta	Da giorni a mesi	Sorveglianza con sistema allarme	L'Osservatorio Vesuviano comunica continuamente le informazioni sullo stato del vulcano al Dipartimento della Protezione Civile

Fig. 20 – Livelli di allerta e relative azioni da parte della comunità scientifica per la caldera dei Campi Flegrei.

In considerazione degli eventi bradisismici che più volte si sono manifestati negli ultimi trent'anni, per la porzione di zona rossa che potrebbe esserne interessata, è in elaborazione un Piano Stralcio per l'emergenza bradisismica, con interventi che prevedono anche il trasferimento della popolazione coinvolta in strutture della Campania. Attualmente in elaborazione è anche una dettagliata zonazione dell'area napoletano-flegrea esposta al pericolo di caduta di materiale piroclastico, e la definizione della strategia di intervento in quest'area, denominata Zona Gialla.

4.5 - Ischia

Il comportamento passato e lo stato attuale del sistema vulcanico di Ischia suggeriscono che esso è attivo e che potrà dare ancora eruzioni. Inoltre se un'eruzione dovesse avvenire in tempi brevi o medi, essa potrebbe essere di tipo esplosivo. Pertanto il sistema vulcanico di Ischia deve considerarsi pericoloso. La popolazione permanente sull'isola è di circa 50.000 persone, concentrate in sei comuni, e aumenta moltissimo nel periodo estivo. La pericolosità vulcanica e il valore esposto fanno sì che il rischio vulcanico sia alto. Sono al momento in corso studi finalizzati alla definizione del comportamento del vulcano nel passato per poterne prevedere quello futuro a lungo termine.

GLOSSARIO

Bomba. Piroclasto di dimensioni superiori a 64 mm, espulso prevalentemente o completamente fuso durante un'eruzione esplosiva.

Bradismo. Dal greco βραδύς = lento e σεισμός = movimento, lento abbassamento o sollevamento del suolo.

Caldera. Ampia depressione della superficie terrestre formatasi per lo sprofondamento delle rocce sovrastanti una camera magmatica superficiale, svuotata a seguito di un'eruzione.

Caldera risorgente. Caldera la cui parte sprofondata è successivamente sollevata per intrusione di magma.

Camera magmatica. Porzione della crosta terrestre dove il magma ristagna per periodi più o meno lunghi, prima di raggiungere eventualmente la superficie terrestre e dar luogo a un'eruzione vulcanica. Ha dimensioni e profondità molto variabili e può essere in connessione con la superficie attraverso un condotto vulcanico.

Campo vulcanico. Area di estensione variabile in cui sono presenti numerosi centri eruttivi.

Cenere vulcanica. Piroclasti di dimensioni minori di 2 mm, prodotti durante un'eruzione esplosiva.

Colata di fango. Colata costituita da frammenti di dimensioni variabili e acqua della consistenza del cemento appena preparato, che scorre ad alta velocità lungo i fianchi di un rilievo montuoso. Essa può essere generata direttamente da un'eruzione vulcanica o per saturazione da parte di acqua di depositi sciolti. Le colate di fango tendono ad incanalarsi lungo le valli e a fermarsi ai piedi dei versanti.

Colonna eruttiva. Miscela di piroclasti, gas e vapore, emessa durante un'eruzione esplosiva. Si innalza a grande velocità nell'atmosfera e può raggiungere altezze variabili in funzione dell'energia dell'eruzione e della forma e dimensione del condotto.

Condotto. Struttura attraverso la quale il magma risale alla superficie. La forma può variare da quella di un cilindro a quella di una frattura.

Cono e anello di tufo. Edifici vulcanici formati da un'eruzione freatomagmatica. Sono costituiti prevalentemente da depositi da surges piroclastici e, subordinatamente, da depositi da caduta. I coni si differenziano dagli anelli per la maggiore altezza e per il più alto rapporto fra il diametro della base dell'edificio e quello del cratere.

Cono di scorie. Edificio vulcanico a pianta subcircolare che si forma nel corso di eruzioni stromboliane. Questi edifici si accrescono per caduta, seguendo traiettorie balistiche, e accumulo di scorie intorno alla bocca eruttiva.

Cratere vulcanico. Depressione ad andamento subcircolare al di sopra del condotto, attraverso la quale viene emesso il materiale vulcanico.

Duomo lavico. Edificio vulcanico di forma tozza generato dalla emissione di lava viscosa.

Deposito piroclastico da caduta. Roccia formatasi per accumulo al suolo di frammenti piroclastici, lanciati nell'atmosfera durante un'eruzione esplosiva.

Deposito piroclastico da flusso. Roccia costituita da frammenti piroclastici depositati da un flusso piroclastico. In funzione delle caratteristiche del flusso si possono distinguere essenzialmente due tipi di depositi. I depositi piroclastici da flusso sono massivi, mentre quelli da surge sono finemente stratificati e costituiti prevalentemente da particelle fini.

EDM (electronic distance measurement). L'EDM è una tecnica che utilizza uno strumento elettronico (distanziometro) che invia un segnale elettromagnetico, il quale viene riflesso da un opportuno specchio posto alla distanza desiderata, e ritorna allo strumento stesso. La misura della differenza di fase tra il segnale in andata e quello di ritorno o del tempo impiegato dall'impulso elettromagnetico a percorrere il tragitto di andata e ritorno permette il calcolo della distanza tra lo strumento e il riflettore.

Energia delle eruzioni. La somma di energia termica e meccanica liberata durante un'eruzione. Il rapporto tra l'energia meccanica e l'energia termica determina l'esplosività di un'eruzione.

Eruzione freatomagmatica. Eruzione vulcanica prodotta dall'interazione del magma con acqua. Le eruzioni di questo tipo generano una colonna eruttiva che si innalza per

alcuni chilometri e dalla cui base si espande ad alta velocità una nube di vapore, gas e particelle a forma di anello, simile al “base surge” delle esplosioni nucleari.

Eruzione pliniana. Da Plinio il Giovane che descrisse l'eruzione vesuviana del 79 d.C., è un'eruzione caratterizzata da esplosioni che producono colonne eruttive che si innalzano per decine di chilometri. Dalla parte alta della colonna, meno densa e spinta dai venti in quota, cadono particelle che si depositano su non meno di 500 km². La parte più densa della colonna può collassare, generando flussi piroclastici.

Eruzione stromboliana. Dal vulcano Stromboli, è un'eruzione caratterizzata da esplosioni di bassa energia che si susseguono ad intervalli variabili da secondi a ore. I brandelli di magma, lanciati fino ad alcune centinaia di metri di altezza, cadendo al suolo, formano un cono di scorie.

Eruzione subpliniana. Eruzione esplosiva con fenomenologie simili a quelle dell'eruzione pliniana, ma di energia inferiore e conseguente ridotta distribuzione areale dei prodotti eruttati.

Eruzione vulcanica. Fuoriuscita di magma, piroclasti o gas, o di tutti contemporaneamente, dal sottosuolo, attraverso una bocca eruttiva, nell'atmosfera. L'eruzione può essere effusiva o esplosiva a seconda che il magma fuoriesca senza aver subito sostanziali modificazioni o si sia trasformato per frammentazione.

Essoluzione. Processo per cui una soluzione inizialmente omogenea si separa in due o più fasi distinte senza aggiunta o sottrazione di materia.

Flusso piroclastico. Nube più densa dell'aria, costituita da frammenti piroclastici e gas, e caratterizzata da elevata temperatura e velocità. Molte sono generate dal collasso di una colonna eruttiva. I flussi piroclastici tendono a scorrere al suolo muovendosi per effetto della gravità e la loro distribuzione areale è condizionata dalla morfologia. Infatti essi si incanalano in valli e colmano depressioni, benché alcuni abbiano energia sufficiente per superare barriere morfologiche. Quando la concentrazione dei frammenti piroclastici nella miscela solido/gas è bassa, il flusso viene chiamato surge piroclastico.

Fontane di lava. Getti di magma e gas che possono raggiungere altezze di alcune migliaia di metri nel corso di eruzioni esplosive a bassa energia.

Frammentazione. Disgregazione di un magma in risalita che può avvenire per essoluzione di gas, quando la frazione in volume di questi ultimi raggiunge il 75 % (Frammentazione magmatica) o per improvvisa espansione di una massa d'acqua che viene attraversata dal magma. La frammentazione determina la trasformazione del magma da un continuo liquido, con gas e particelle (cristalli, litici), in un continuo gassoso, con brandelli di magma e particelle solide

Fumarola. Emissione naturale di una miscela di gas e vapore. La rapida variazione di pressione e temperatura che essa subisce all'atto della fuoriuscita determina la precipitazione e la cristallizzazione di sostanze minerali.

GPS (Global Positioning System). Sistema di rilevamento satellitare in grado di determinare la posizione di un punto sulla superficie terrestre sia immobile che in movimento. Esso utilizza una costellazione di satelliti, circa 24 che orbitano intorno alla terra a circa 20.000 m di quota, che trasmettono un segnale captato da ricevitori, dotati di antenna, posti sul punto da localizzare. Questa localizzazione avviene attraverso il calcolo del tempo di percorrenza del segnale, e permette la determinazione delle coordinate del punto con elevata precisione.

Ingressione. Sommersione da parte del mare di tratti di terraferma.

Lapillo. Piroclasto di dimensioni da 2 a 64 mm.

Lava. Magma eruttato parzialmente o totalmente degassato che scorre formando una colata la cui velocità e forma dipendono dalla viscosità del magma, dall'inclinazione del pendio e della portata alla bocca eruttiva. Il termine viene utilizzato anche per indicare la roccia che si forma dopo il suo raffreddamento e la solidificazione della colata.

Litico. Piroclasto costituito di roccia formatasi precedentemente ed espulso nel corso di un'eruzione esplosiva.

Magma. Materiale naturale allo stato fuso, di composizione generalmente silicatica, in cui sono presenti anche una fase gassosa ed una fase solida, costituita da cristalli.

Piroclasto. Frammento di dimensioni variabili emesso durante un'eruzione esplosiva.

Pomice. Piroclasto altamente vescicolato, generalmente di colore chiaro, poco denso, capace di galleggiare in acqua.

Precursori (di un'eruzione vulcanica). L'insieme dei fenomeni connessi alle variazioni fisico-chimiche di un sistema vulcanico che precedono un'eruzione. La misura nel tempo dei parametri relativi a queste variazioni consente di effettuare una previsione a breve termine delle eruzioni vulcaniche.

Quiescenza. Periodo di stasi nell'attività eruttiva di un vulcano.

Roccia piroclastica o piroclastite. Roccia costituita da piroclasti emessi durante un'eruzione esplosiva.

SAR (Synthetic Aperture Radar). Il radar ad apertura sintetica (SAR) è uno strumento costituito da un radar di tipo convenzionale montato su una piattaforma mobile (un aeroplano o un satellite). Il SAR fornisce immagini elettromagnetiche della superficie terrestre con risoluzione spaziale di qualche metro. Dalla combinazione di due o più immagini SAR della stessa area (interferometria) si ricavano dettagliati modelli digitali di elevazione del terreno, e si possono ottenere immagini che evidenziano movimenti del suolo con elevata precisione.

Scoria. Piroclasto vetroso, vescicolato, di colore scuro, che, a differenza di una pomice, non galleggia in acqua.

Sistema di sorveglianza vulcanico. Insieme di strumenti di misura, dislocati sul territorio e generalmente collegati ad una centrale di raccolta dati, che rilevano i parametri geofisici e geochimici relativi a un sistema vulcanico.

Strato-vulcano. Edificio vulcanico di forma generalmente tronco-conica accresciutosi per l'accumulo, attorno alla bocca eruttiva, di prodotti di eruzioni effusive ed esplosive.

Surge piroclastico. Nube più densa dell'aria, costituita da frammenti piroclastici e gas, e caratterizzata da elevata velocità e temperatura variabile, anche se generalmente elevata. Essa si propaga per moto turbolento. I surges piroclastici sono generalmente associati a eruzioni freatomagmatiche, scorrono al suolo con elevata mobilità e possono superare, in funzione delle loro caratteristiche fisiche, anche elevate barriere morfologiche.

Terrazzo marino. Struttura morfologica pianeggiante originatasi per l'azione del moto ondoso sul fondo del mare in prossimità della costa durante un'ingressione, e successivamente emersa.

Terremoto. Rapido movimento della superficie terrestre dovuto al passaggio di onde elastiche generate dalla rottura di rocce costituenti la parte più rigida dell'interno della terra, la litosfera. Il punto in cui avviene la rottura si chiama ipocentro. Il punto della superficie terrestre posto sulla verticale dell'ipocentro è detto epicentro.

Tufo. Roccia formatasi per il consolidamento di un deposito piroclastico, costituito prevalentemente da cenere vulcanica.

Vescicolazione. Formazione di vescicole (bolle) in un magma che si avvicina alla superficie terrestre, per effetto dell'essoluzione di gas indotta dalla diminuzione di pressione.

Vulcano. Luogo della superficie terrestre in corrispondenza del quale si ha la fuoriuscita di lave, gas, e prodotti piroclastici che accumulandosi formano un edificio vulcanico.

LETTURE CONSIGLIATE

I Vulcani - Quaderni de "Le Scienze". Gasparini P. (a cura di) (1983).

L'attività vulcanica - Quaderni de "Le Scienze". Gasparini P. (a cura di) (1987).

Un viaggio al Vesuvio - Gasparini P., Musella S. (1991) - Liguori. Napoli.

Vesuvio 1944: L'ultima eruzione - Pesce A. e Rolandi G. (1994) - S. Sebastiano al Vesuvio (NA).

Eruzioni vulcaniche - Quaderni de "Le Scienze". Barberi F. (a cura di) (1996).

Il Vesuvio - Storia eruttiva e teorie vulcanologiche - Nazzaro A. (1996). Liguori. Napoli.

Storia geologica e deformativa della caldera dei Campi Flegrei - In: Archeologia e Vulcanologia in Campania. (1998), 17-28. Orsi G., de Vita S., Di Vito M., Isaia R.. Arte Tipografica, Napoli.

Sito WEB dell'Osservatorio Vesuviano: www.ov.ingv.it