



UNIMORE
UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI
MODENA E REGGIO EMILIA

Dipartimento di Scienze
Chimiche e Geologiche

Il rischio vulcanico

Corso formazione insegnanti
Dr. Tommaso Giovanardi

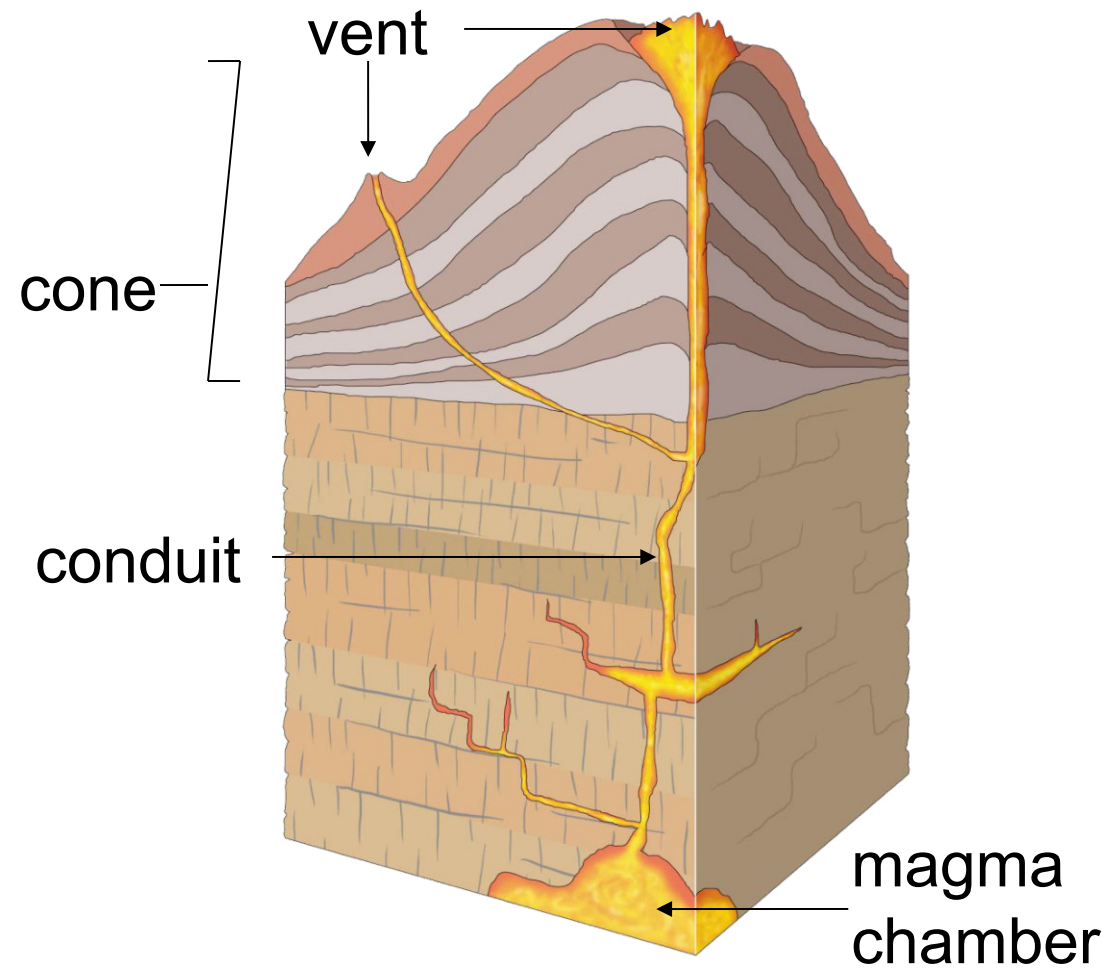


UNIMORE
UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI
MODENA E REGGIO EMILIA

Dipartimento di Scienze Chimiche e Geologiche

E' vietata la copia e la riproduzione dei contenuti e immagini in qualsiasi forma. E' inoltre vietata la redistribuzione e la pubblicazione dei contenuti e immagini non autorizzata espressamente dall'autore o dall'Università di Modena e Reggio Emilia.

Cos'è un vulcano?

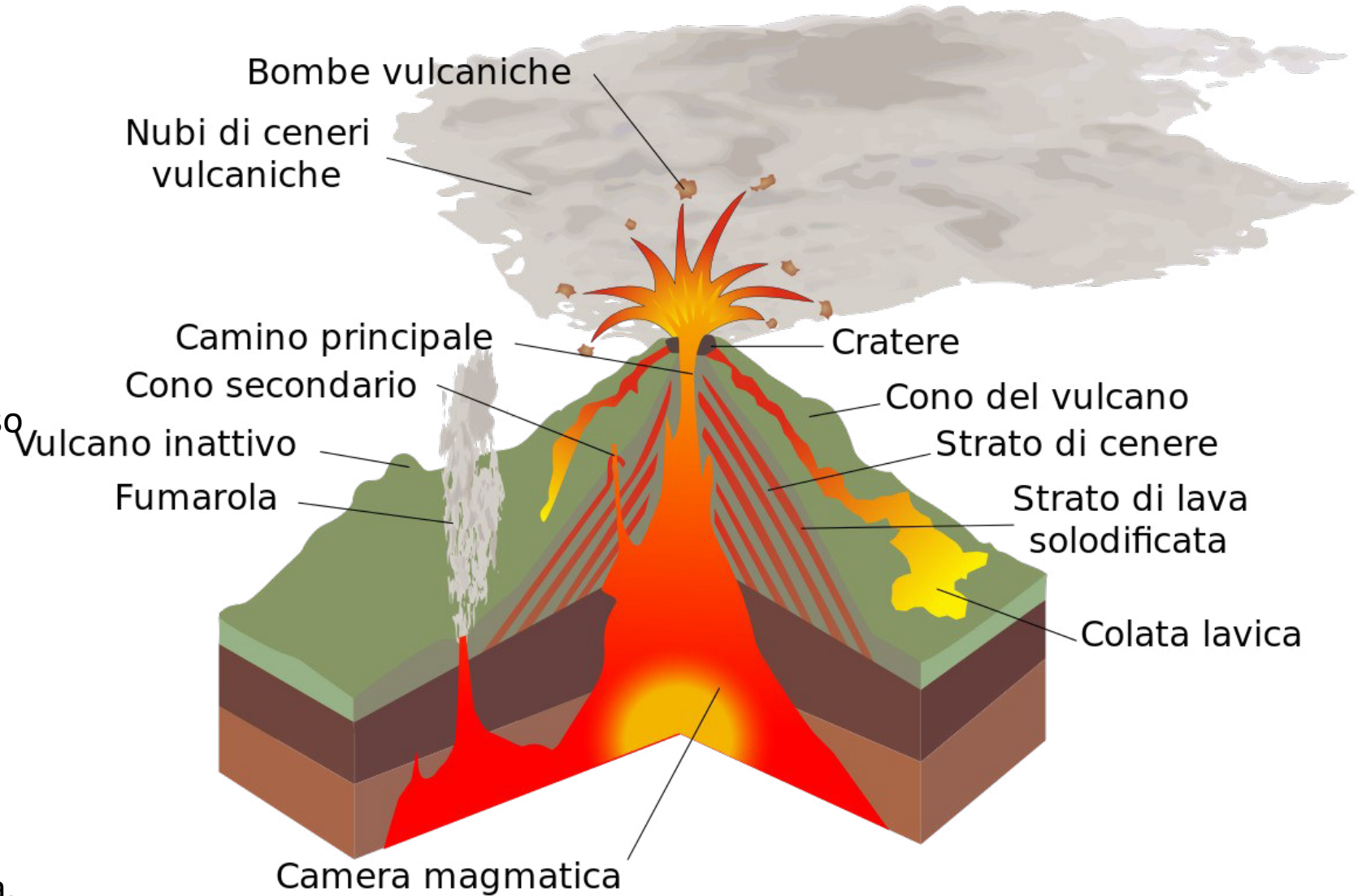


Un vulcano è una struttura geologica complessa, che si genera all'interno della crosta terrestre per la risalita, in seguito ad attività eruttiva, di un magma formatosi nel mantello o all'interno della crosta terrestre.

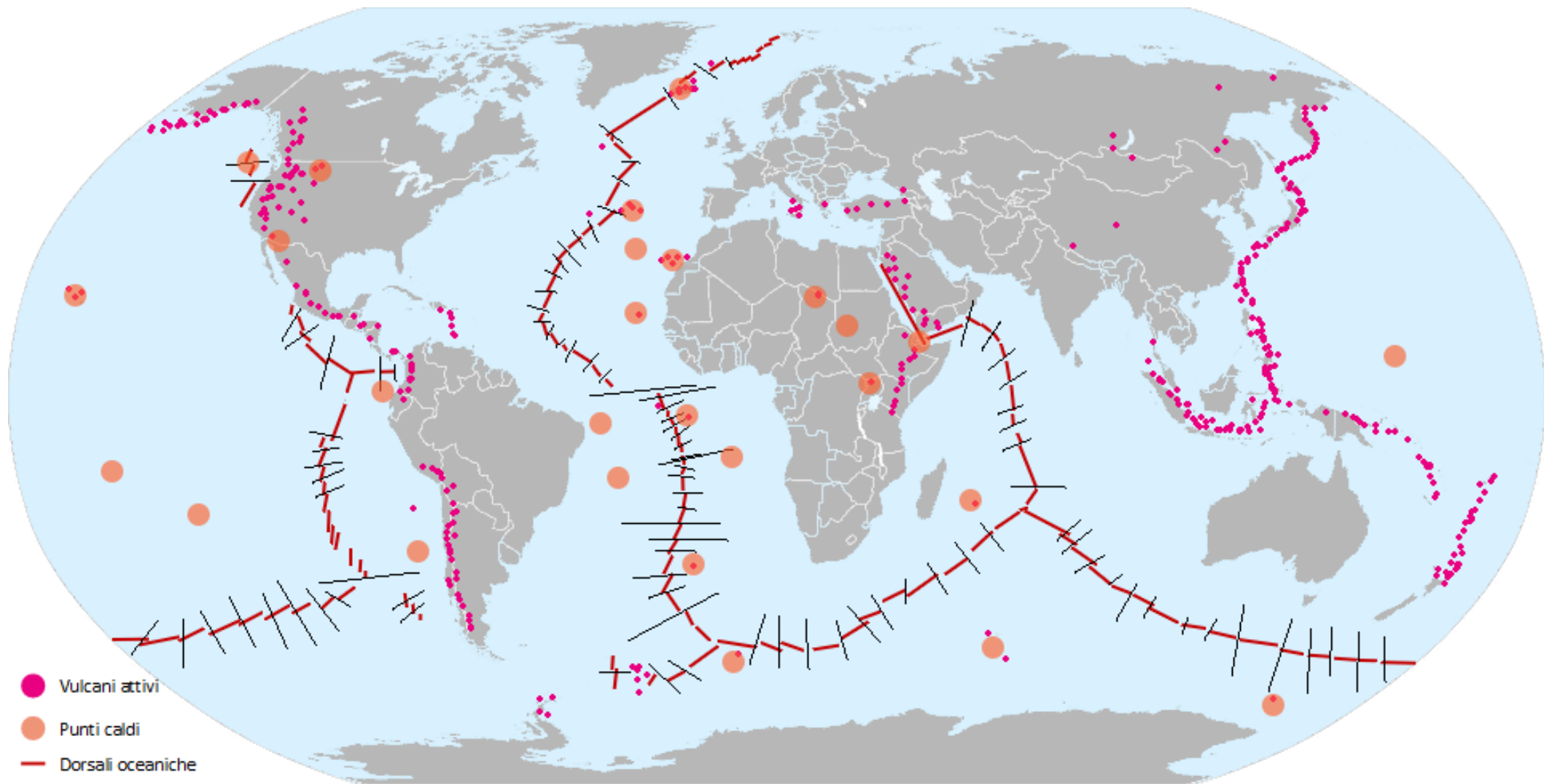
Comunemente con il termine vulcano ci si riferisce solo alla parte esterna e visibile dell'apparato vulcanico ossia proprio al rilievo, più o meno conico, formato dall'accumulo di tutti quei materiali liquidi, solidi o gassosi, che sono stati emessi dai crateri durante le varie fasi eruttive del vulcano stesso. La fuoriuscita di materiale è detta eruzione e i materiali eruttati sono lava, cenere, lapilli, gas, scorie varie e vapore acqueo.

Un generico vulcano è formato da:

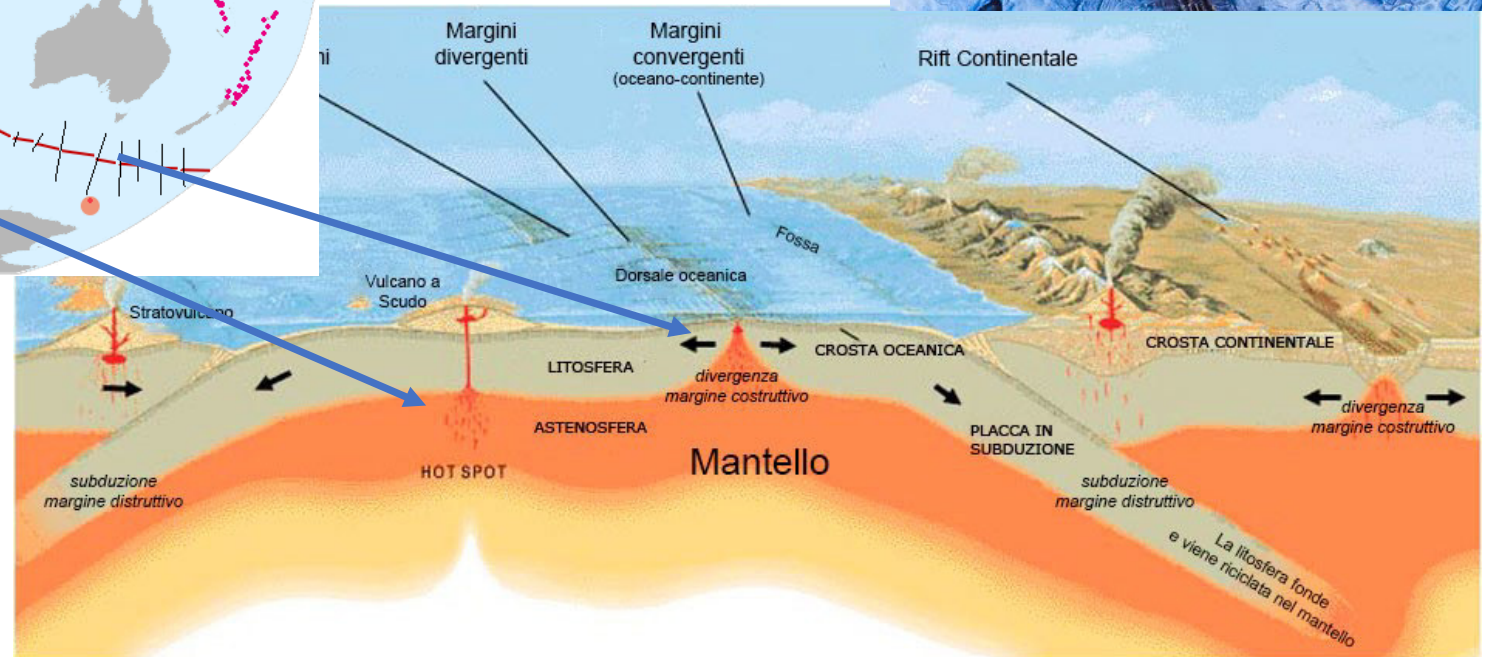
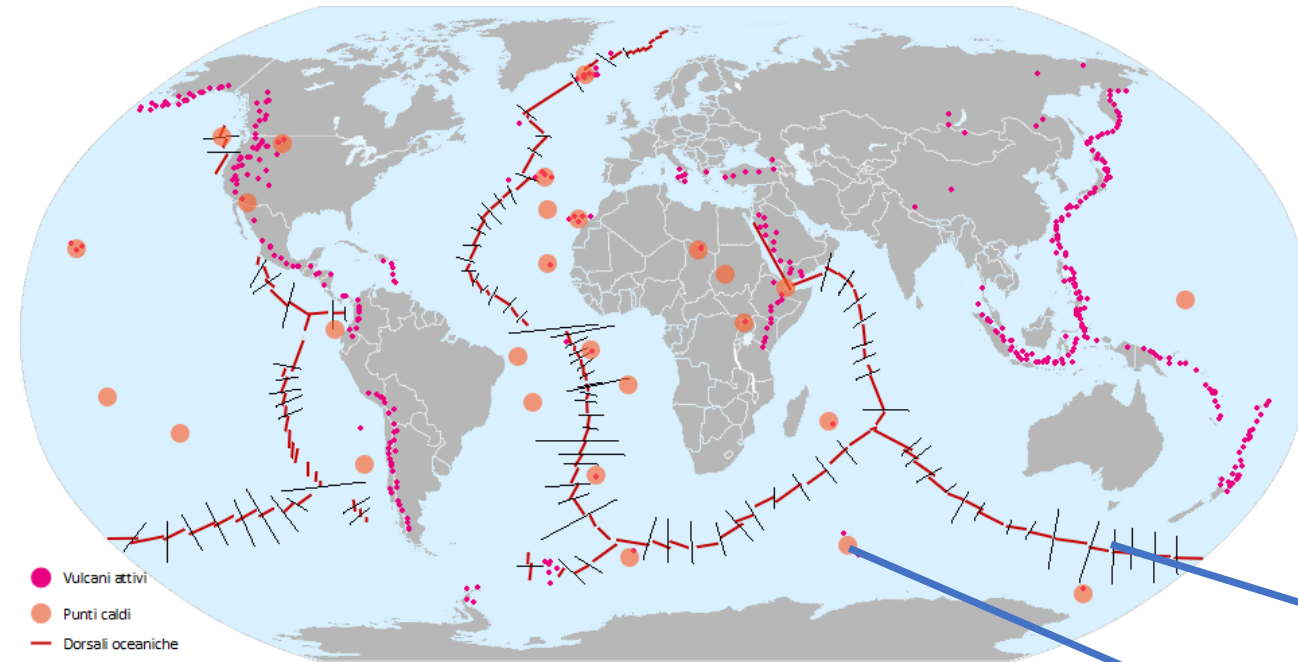
- una (o più) camera magmatica, ovvero il serbatoio sotterraneo nel quale è presente il magma che alimenta il vulcano.
- un camino o condotto vulcanico principale, luogo di transito del magma dalla camera magmatica verso la superficie.
- un cratere o bocca sommitale, dove sgorga il condotto principale.
- uno o più condotti secondari, i quali, sgorgando dai fianchi del vulcano o dalla stessa base, danno vita a dei coni e crateri secondari.
- delle fessure laterali, fratture longitudinali sul fianco del vulcano, provocate dalla pressione del magma. Esse permettono la fuoriuscita di lava sotto forma di eruzione fessurale.



Vulcani attivi nel mondo



Margini divergenti e hot spot



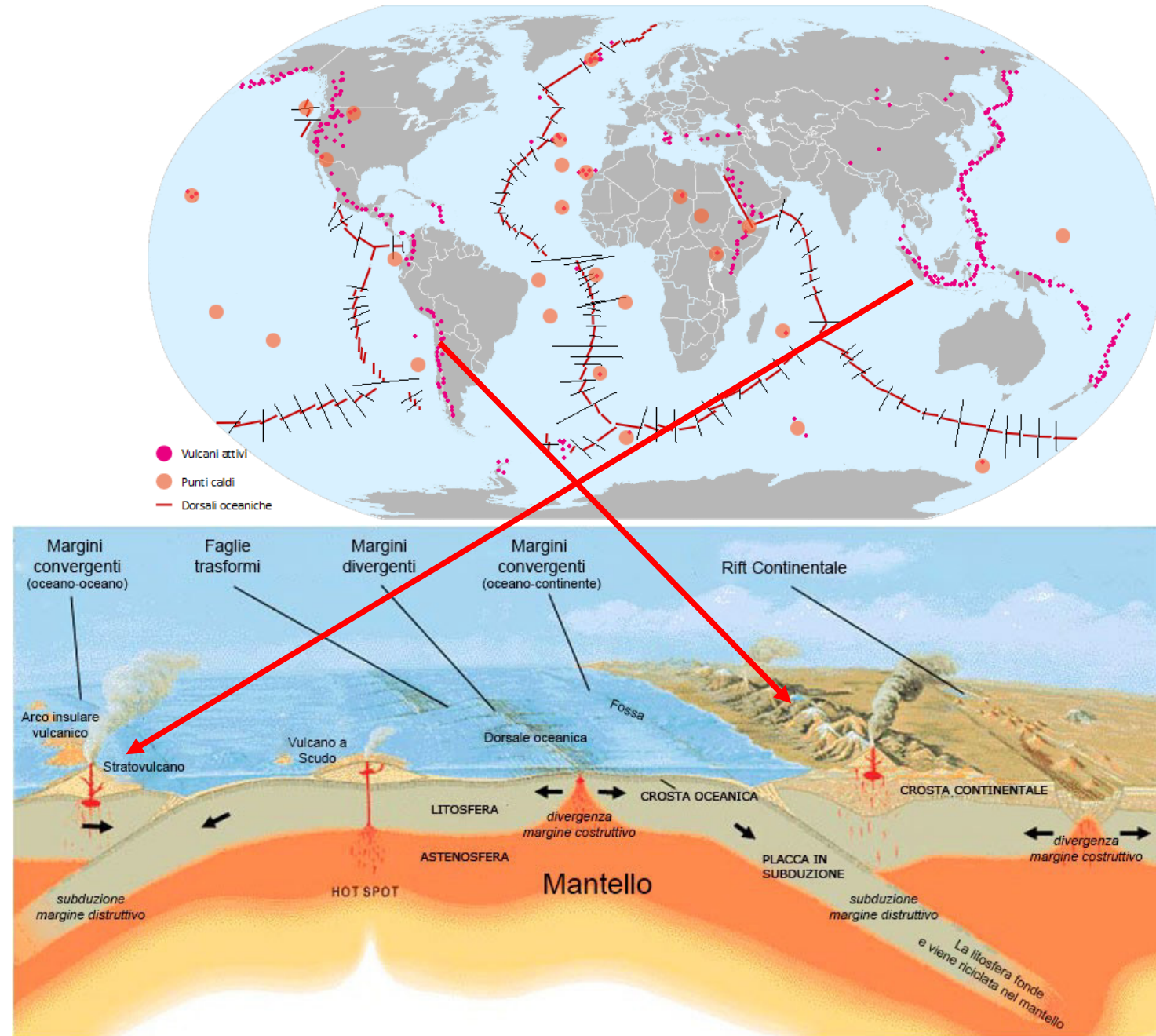
nelle zone di distensione e nei punti caldi si ha un'attività prevalentemente **effusiva**, con emissione di lave basiche e formazione di vulcani a scudo o eruzioni lineari;

Margini convergenti

nelle zone di compressione si ha un'attività prevalentemente **mista e/o esplosiva**, con emissione di lave anche intermedie e acide e formazione di stratovulcani;



Vulcano Cotopaxy (1985) Equador



Formazione di un vulcano: attività magmatica

La struttura di un edificio vulcanico si forma attraverso l'attività eruttiva del vulcano nel corso del tempo. Per avere un vulcano bisogna prima avere un'attività magmatica. Per attività magmatica intendiamo tutti quei processi che vanno dalla formazione di un magma alla sua eruzione o cristallizzazione.

I magmi si possono formare per due principali processi:

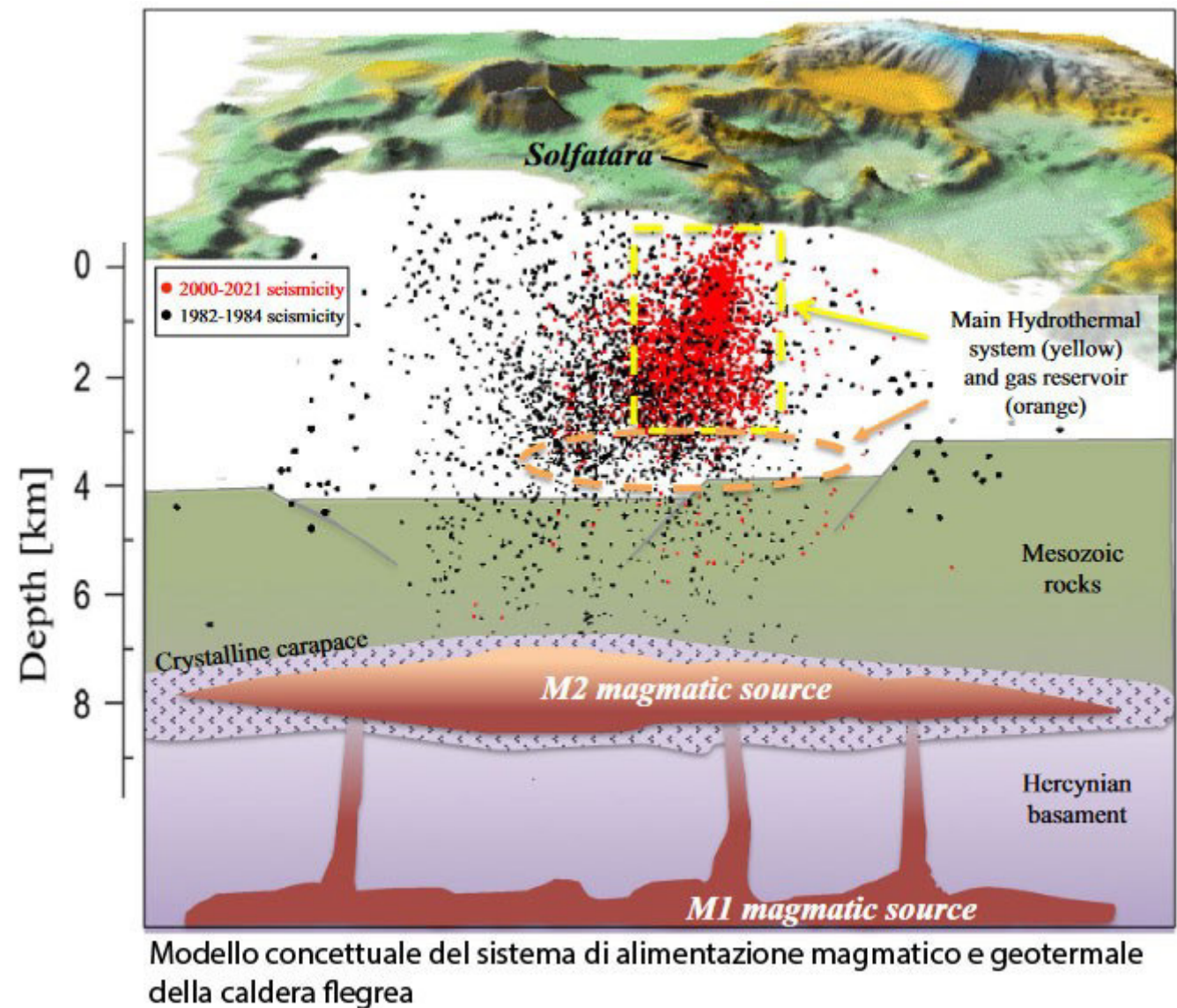
- Fusione parziale del mantello (produce fusi con bassi tenori in SiO_2 , basici, fluidi e poco viscosi).
- Fusione parziale della crosta (anatessi; produce fusi con composizione varia a seconda delle litologie che fondono; generalmente i fusi prodotti hanno più alti tenori in SiO_2 , acidi, più viscosi).

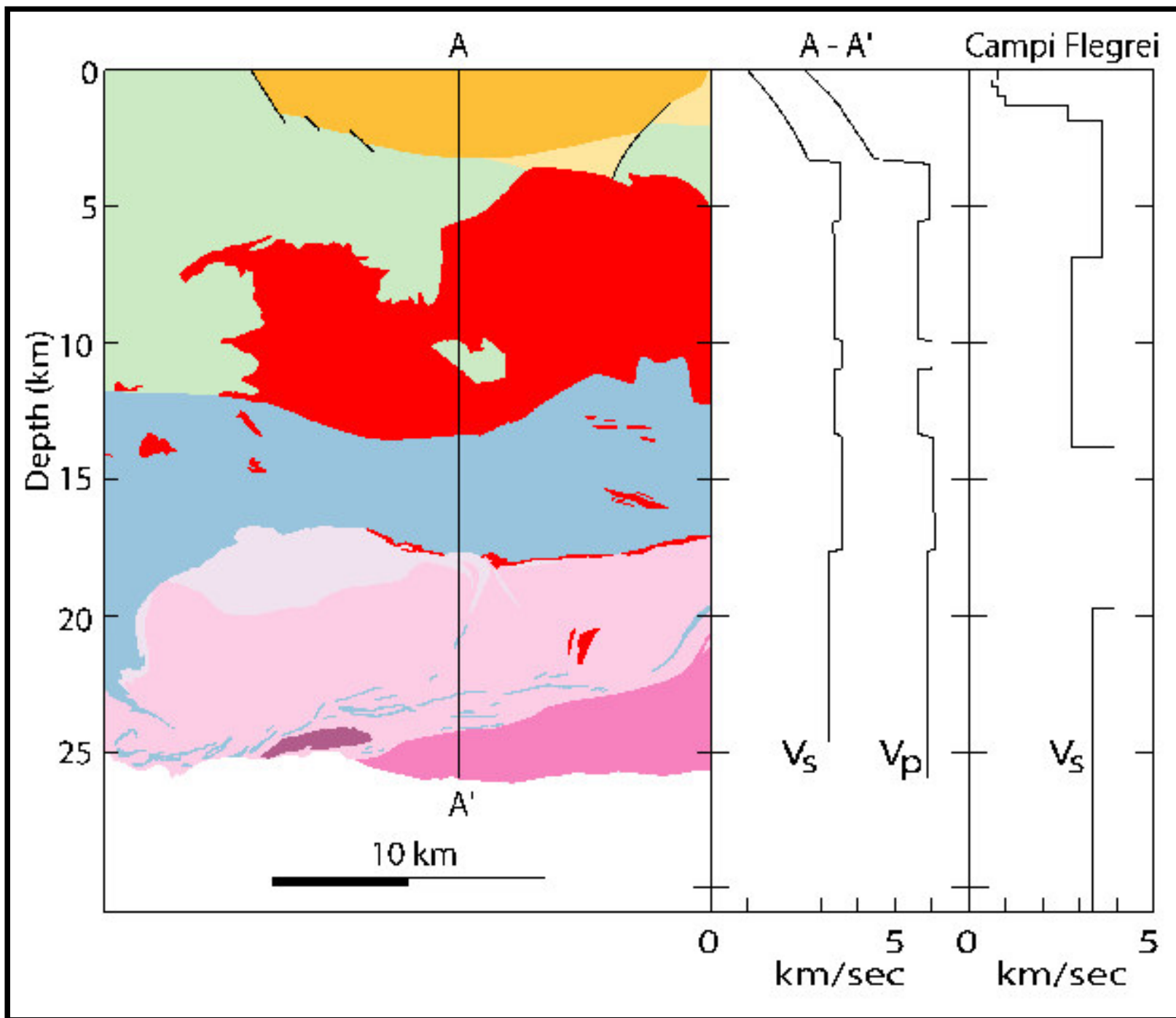


La velocità di risalita di una massa di magma dipende dalla sua viscosità, dal volume, dalla profondità della zona in cui si origina, dalla temperatura delle rocce circostanti. Quando la densità delle rocce è simile a quella del magma, questo rallenta fino a fermarsi se non sono presenti zone di debolezza strutturale (e.g. fratture, faglie,...) che ne permettono la risalita.

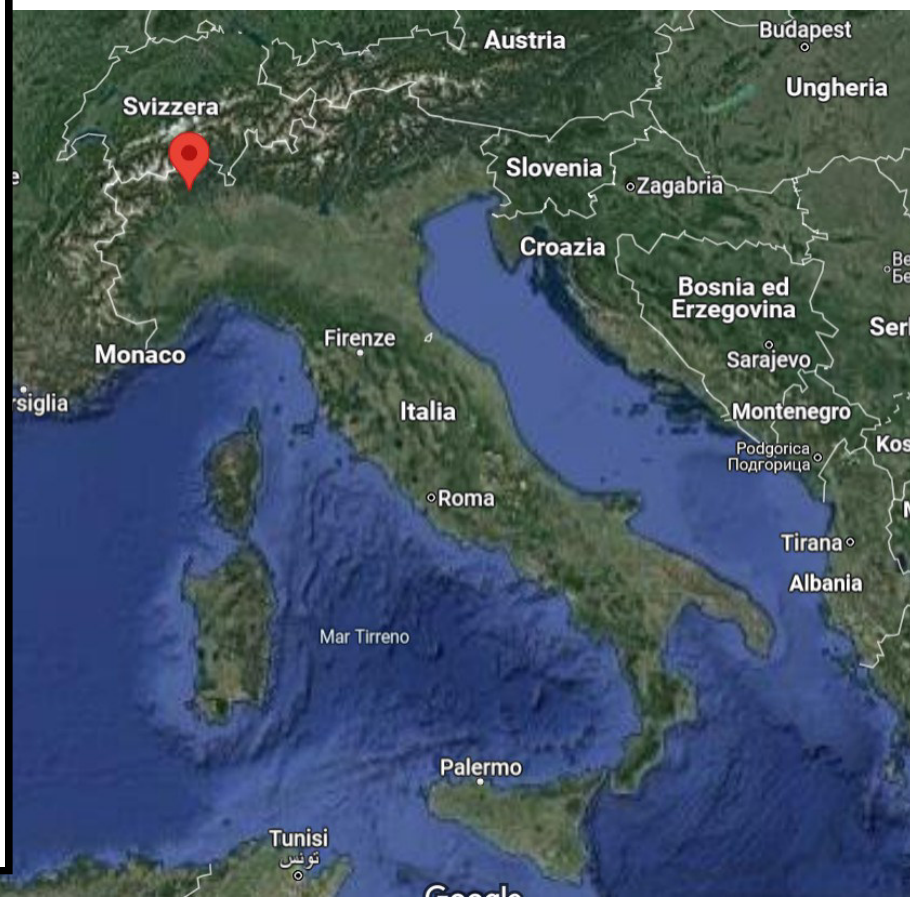
Le zone in cui il magma si accumula vengono chiamate CAMERE o SERBATOI MAGMATICI e possono essere numerose, a diversi livelli della crosta per lo stesso vulcano.

All'interno delle camere magmatiche, se il magma staziona per un periodo sufficiente di tempo, possono iniziare i fenomeni di cristallizzazione del magma, che ne modifica la composizione chimica (e quindi anche la densità e viscosità).





Zona Ivrea-Verbanò: supervulcano della Val Sesia.



Una volta che il magma si ferma in modo stazionario in una camera magmatica, affinché il magma raggiunga la superficie terrestre si deve rompere la situazione di equilibrio creatasi tra il fuso fermo nella camera magmatica e le rocce incassanti, dove devono formarsi fratture lungo le quali il magma possa infiltrarsi.

Un possibile meccanismo che rimette il magma in movimento è la variazione di **PRESSIONE** che può essere determinata o da un aumento della pressione all'interno della camera magmatica o da una diminuzione di quella esterna, rappresentata dal peso delle rocce incassanti.

La pressione all'interno della camera può aumentare per la formazione e la risalita di nuovo magma, per essoluzione di gas e volatili o per intrusione di acqua nella camera magmatica. La pressione esterna può diminuire per lo stiramento della crosta, fino alla lacerazione, causato dai movimenti che avvengono nella parte più esterna del globo terrestre o per effetti di rigonfiamento della crosta dovuti alla presenza della camera magmatica. I 2 meccanismi possono anche combinarsi.

A seconda della composizione chimica del magma e delle condizioni che questo incontra durante la risalita dalla camera magmatica un'eruzione può avere caratteristiche molto diverse.

Per i vulcani non esiste una scala di magnitudo come quella usata per i terremoti ma vi sono diverse misure e informazioni che possono aiutare nella classificazione delle eruzioni. Una prima suddivisione fondamentale è tra:

1. ERUZIONI EFFUSIVE: nelle eruzioni effusive il magma emesso in superficie prende il nome di lava (in seguito a degassamento) e forma colate che scendono, abbastanza tranquillamente, lungo i fianchi del vulcano.

2. ERUZIONI ESPLOSIVE: nelle eruzioni esplosive, il magma viene frammentato in particelle solide di varie dimensioni che vengono scagliate all'esterno con violenza e si raffreddano formando pomici, scorie e ceneri (prodotti piroclastici).

Alcuni vulcani hanno attività prevalentemente esplosiva, altri prevalentemente effusiva.

Una stessa eruzione può avere fasi esplosive e fasi

effusive.

Una seconda classificazione delle eruzioni vulcaniche si ottiene dalla combinazione di dati quantitativi (come volume dei prodotti emessi, frammentazione del magma ed altezza della colonna eruttiva) e da osservazioni qualitative. Si esprime attraverso l'Indice di Esplosività Vulcanica, (VEI) - Volcanic Explosivity Index – un indice empirico che classifica l'energia delle eruzioni esplosive con valori che vanno da 0 a 8.

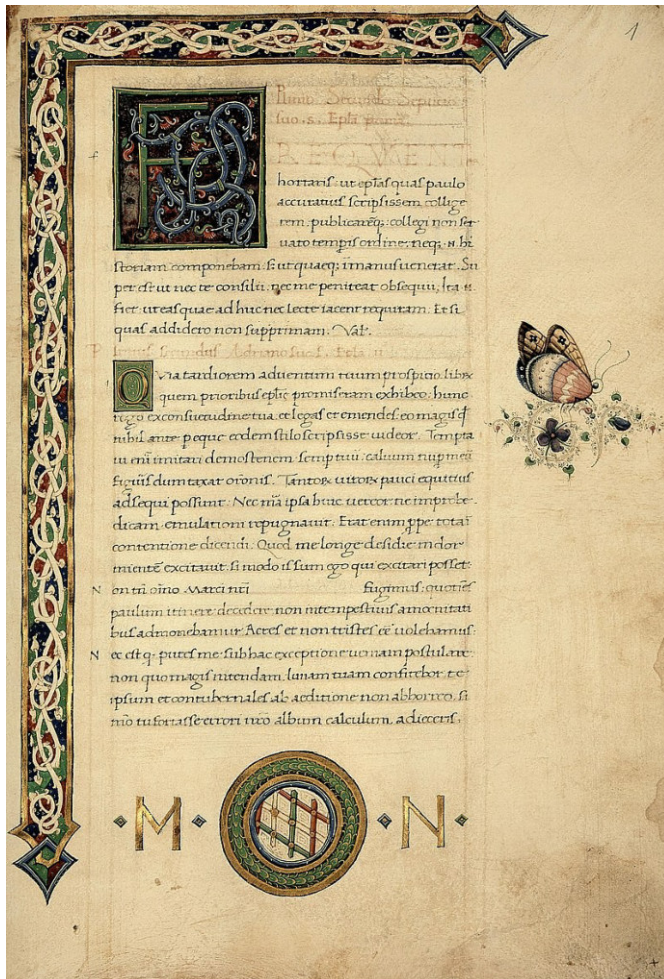
INDICE DI ESPLOSIVITÀ VULCANICA (VEI=Volcanic Explosivity Index)

VEI	0	1	2	3	4	5	6	7	8
Descrizione generale	Non esplosivo	Piccola	Moderata	Moderata Grande	Grande	Molto Grande			
Volume eruzione (m3)		1x10 ⁴	1x10 ⁶	1x10 ⁷	1x10 ⁸	1x10 ⁹	1x10 ¹⁰	1x10 ¹¹	1x10 ¹²
Altezza Colonna									
Dal cratere	<0,1	0,1 - 1	1 – 5						
Dal livello del mare				3 – 15	10 – 25	> 25			
Tipo di eruzione	<-----Hawaiana----->		<-----Stromboliana----->		<-----Vulcaniana----->		Pliniana----->		
							<-----Ultra-Pliniana----->		
Durata	<-----Minore <1 ora----->			<-----Fra 1 e 6 ore----->			<-----Maggiore >12 ora----->		
				<-----Fra 6 e 12 ore----->					
Iniezione in Troposfera	Trascurabile	Minore	Moderata	Sostanziosa					
Iniezione in Stratosfera	<-----Nessuna----->			Possibile	Sicura	Notevole			

COME STUDIAMO LE ERUZIONI DEL PASSATO

L'attività di un vulcano è comunemente avvenuta in un periodo di migliaia di anni.

Per determinare quindi quali sono le caratteristiche della sua attività dobbiamo ricostruire tutta o la maggior parte della sua storia. Per farlo possiamo avvalerci di testimonianze storiche.

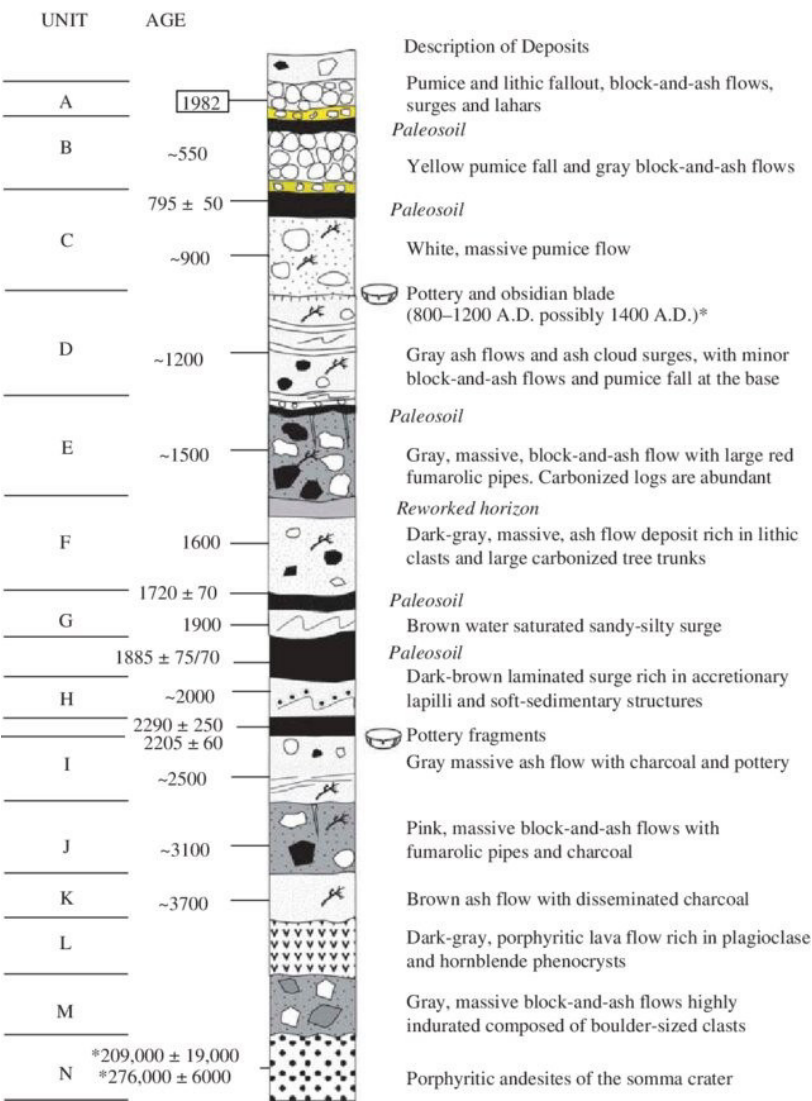
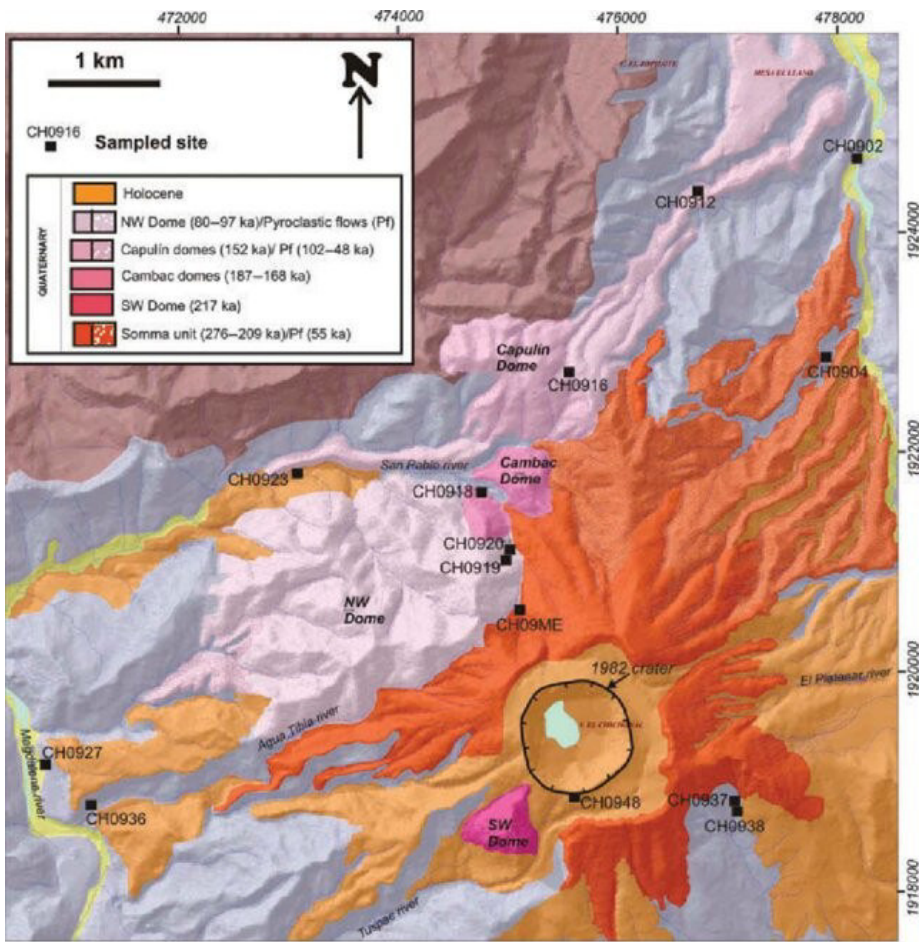


Incipit miniatore delle lettere di Plinio il giovane



Giacinto Platania, Catania raggiunta dalle colate laviche dell'eruzione dell'Etna del 1669. Affresco nel Duomo di Catania.

Oltre alle fonti storiche, che ricoprono solo pochi eventi delle storie millenarie dei vulcani e possono essere incomplete, è importante ricostruire la stratigrafia dei vulcani: identificare quindi il numero di colate, piroclastiti e i livelli erosivi e datare questi eventi per ottenere una distribuzione temporale dell'attività del vulcano. Nonostante questa tecnica è più dettagliata delle testimonianze storiche bisogna ricordare che fenomeni di erosione e successivi fenomeni eruttivi possono aver distrutto in parte le serie stratigrafiche.



Stratigrafia degli ultimi eventi eruttivi del vulcano El Chichon

Mappa geologica semplificata vulcano El Chichon, Messico

Distribuzione areale dei prodotti di ricaduta

Durante un'eruzione, i prodotti piroclastici, lanciati in aria e trasportati dal vento, ricadono a terra formando dei depositi con spessore decrescente rispetto alla distanza dal centro di emissione. Il luogo dei punti di uguale spessore è definito **isopaca**. La distribuzione dei prodotti piroclastici è influenzata dai Venti Prevalenti che operano durante l'eruzione

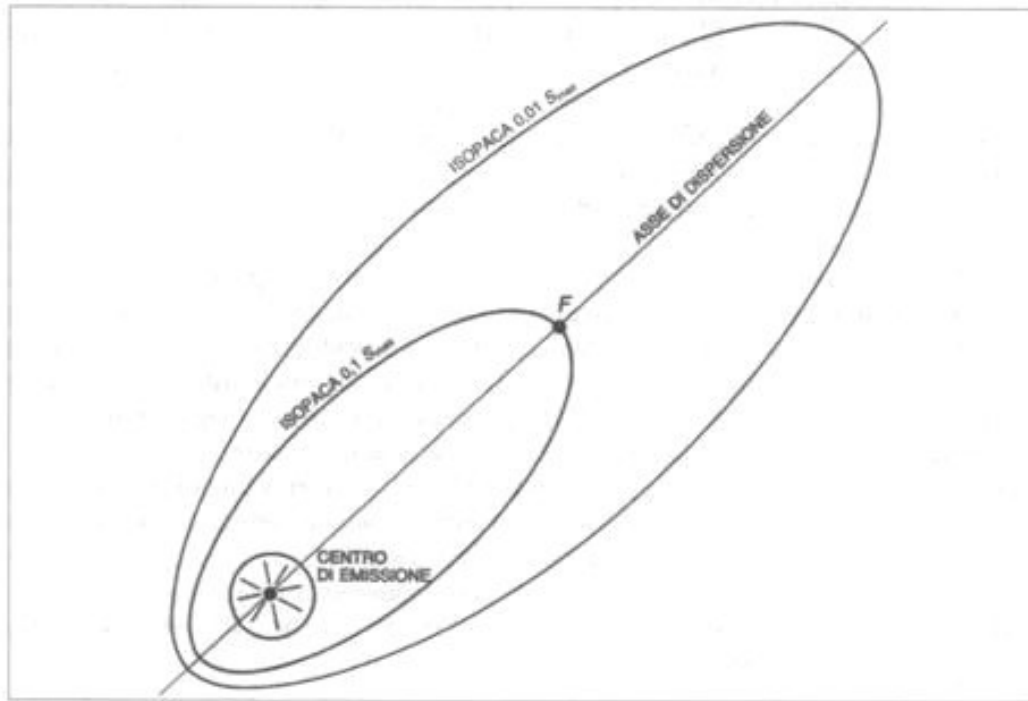
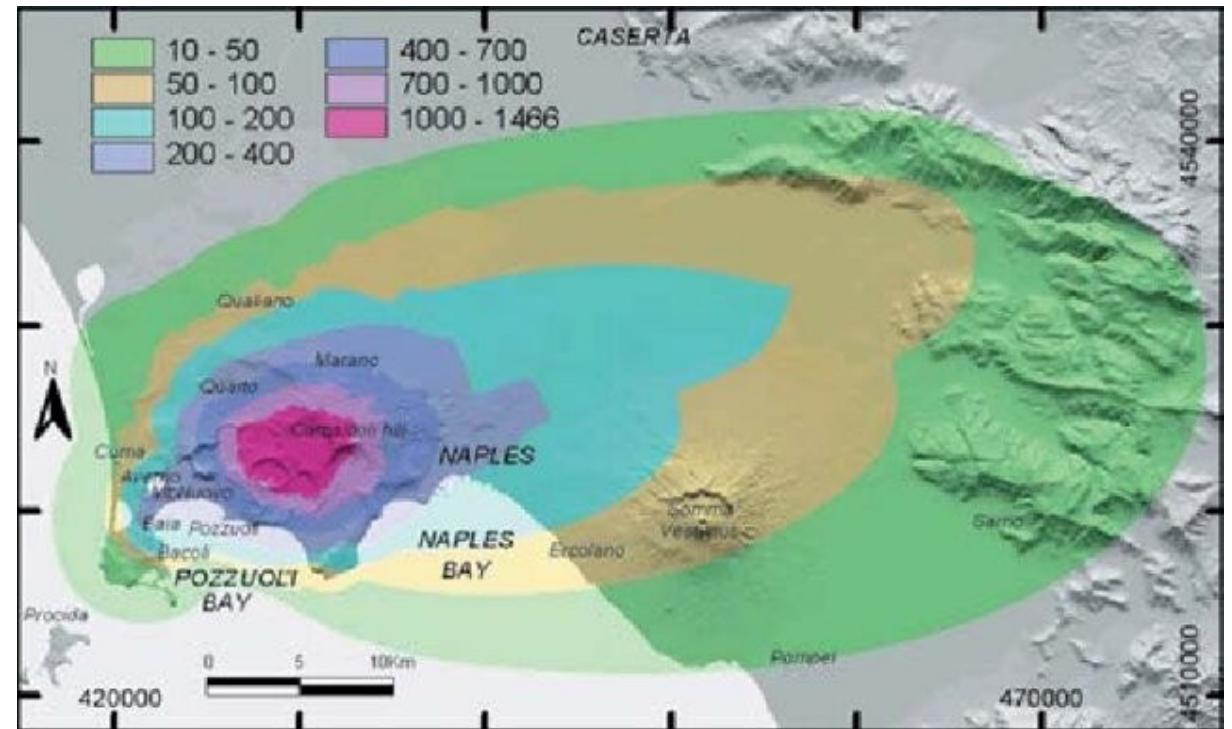
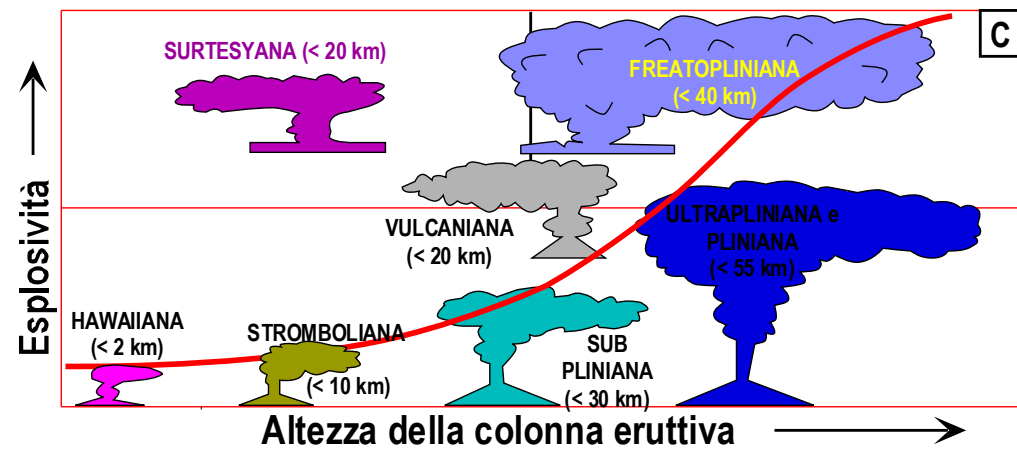
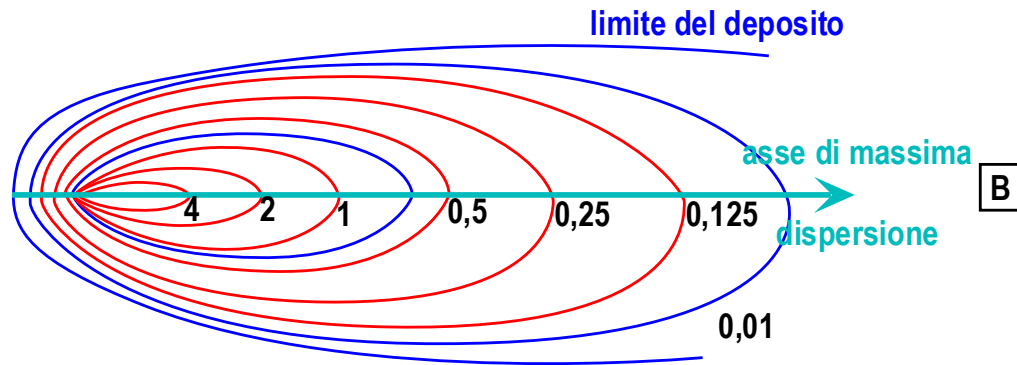
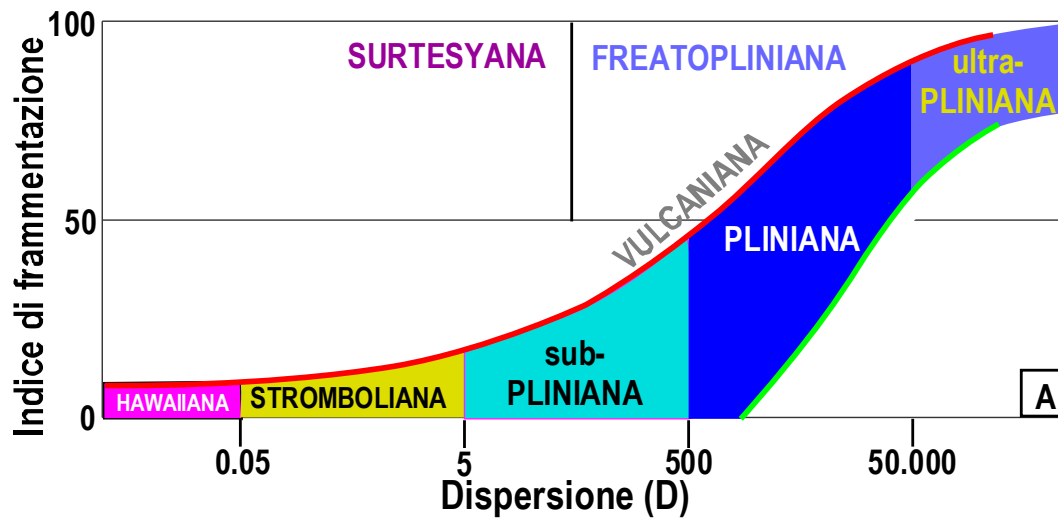


Figura 5.3.2. Le isopache (Fonte: Scandone, 1987)

I prodotti di caduta di una eruzione esplosiva si distribuiscono generalmente su un'area di forma ellissoidale il cui asse, chiamato asse di dispersione, coincide con la direzione opposta a quella da cui spirano i venti dominanti. Le linee di uguale spessore dei prodotti di caduta sono chiamate isopache. L'area delimitata dall'isopaca che racchiude i prodotti il cui spessore è maggiore di 0,01 volte lo spessore massimo S_{max} è l'indice di dispersione D . L'indice di frammentazione F è la percentuale in peso dei prodotti che sono più fini di 1 mm, misurata nel punto di intersezione fra l'isopaca 0,1 S_{max} e l'asse di dispersione



Distribuzione dei prodotti piroclastici negli ultimi 15ka dei Campi Flegrei



Dispersione = area coperta dall'isopaca che rappresenta 1/100 dello spessore massimo dei prodotti eiettati nelle immediate vicinanze del vulcano.

Frammentazione = % in peso del materiale con diametro < 1mm raccolto all'intersezione asse ellisse – isopaca 1/10 dello spessore massimo

In genere, la presenza o la risalita del magma all'interno dell'edificio vulcanico è accompagnata da fenomeni denominati “precursori”, anche se sarebbe più appropriato considerarli come indicatori di un processo in atto, tra cui:

- l'insorgere di fratture (terremoti) causato dall'induzione di tensioni meccaniche nelle rocce;
- il rigonfiamento o cambiamento di forma dell'edificio vulcanico provocato dall'intrusione del magma;
- variazioni del campo gravimetrico e magnetico nell'intorno dell'edificio vulcanico;
- l'incremento e cambiamento di composizione delle emanazioni gassose dai crateri e dal suolo;
- variazioni delle caratteristiche fisico-chimiche delle acque di falda.

Questi fenomeni, che accompagnano la risalita del magma, possono essere rilevati da opportune reti strumentali fisse, in acquisizione 24 ore al giorno, oppure attraverso la reiterazione periodica di campagne di misura.

https://eos.org/science-updates/earth-is-noisy-why-should-its-data-be-silent?utm_source=EosBuzz&mkt_tok=OTg3LUIHVVC01NzIAAAGQeEUGY754nHZqPXw19u2n8W3YRNfPMUXcSD7QB6XZOsS8qHIYggtcUd4aFt1GdRB-sHRTe7H4FEUE5znTKPoK5d9buow2-0-sGZfr4C9W

ERUZIONI EFFUSIVE

Le eruzioni effusive sono caratterizzate da bassa esplosività e danno origine principalmente ad effusioni di lava (a corde o scoriacea), fontane di lava, coni di scorie e colonne di cenere di pochi km.

I vulcani caratterizzati da questo tipo di attività hanno forme dai fianchi con angoli di riposo molto bassi, normalmente inferiori a 10° , e prendono il nome di **vulcani a scudo**.

Alcuni esempi: Hawaii, Islanda, Ile de La Reunion.





Mauna Kea, Hawaii



Piton des Neiges, Reunion Island



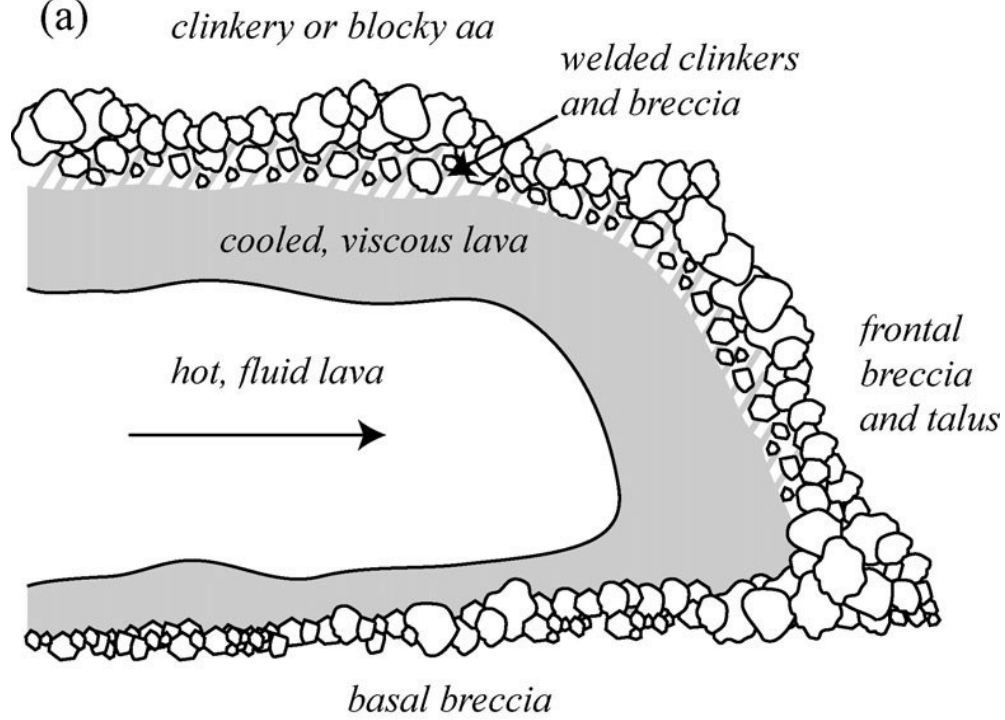




Lava a corde. Anche la formazione di 'corde' può fornire indicazioni di flusso magmatico, in quanto le corde si formano al fronte delle colate e tendono a svilupparsi perpendicolarmente al senso di flusso del magma.

Sovrapposizione di due colate.
Da notare le parti superiori delle colate, brecciate, e le parti massive al centro della colata.





Meccanismo di formazione di una breccia basaltica per rapido raffreddamento del magma a blocchi nella parte esterna della colata e successiva frammentazione dovuto al flusso del magma che rompe la crosta così formata. Le brecce si possono formare anche al piede delle colate per effetto del raffreddamento e per fenomeni di erosione del terreno.

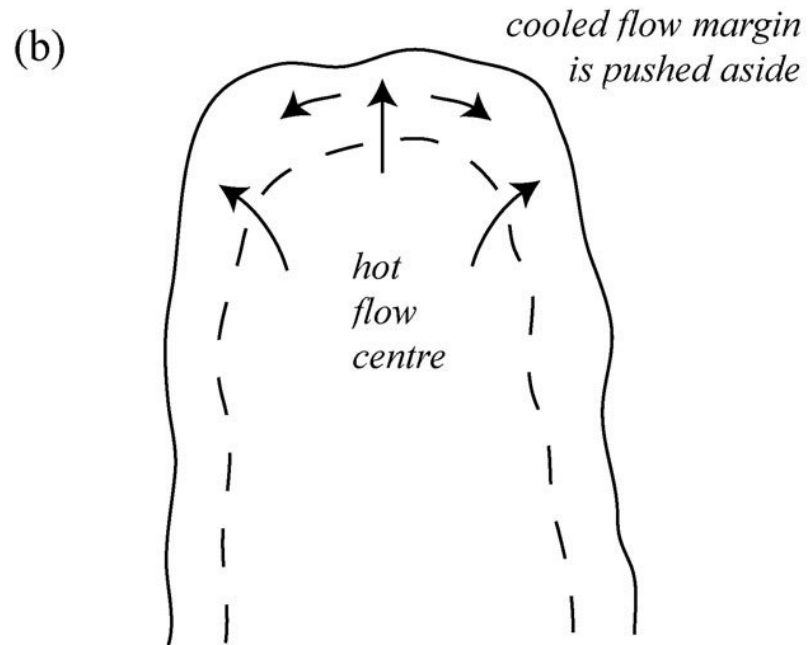
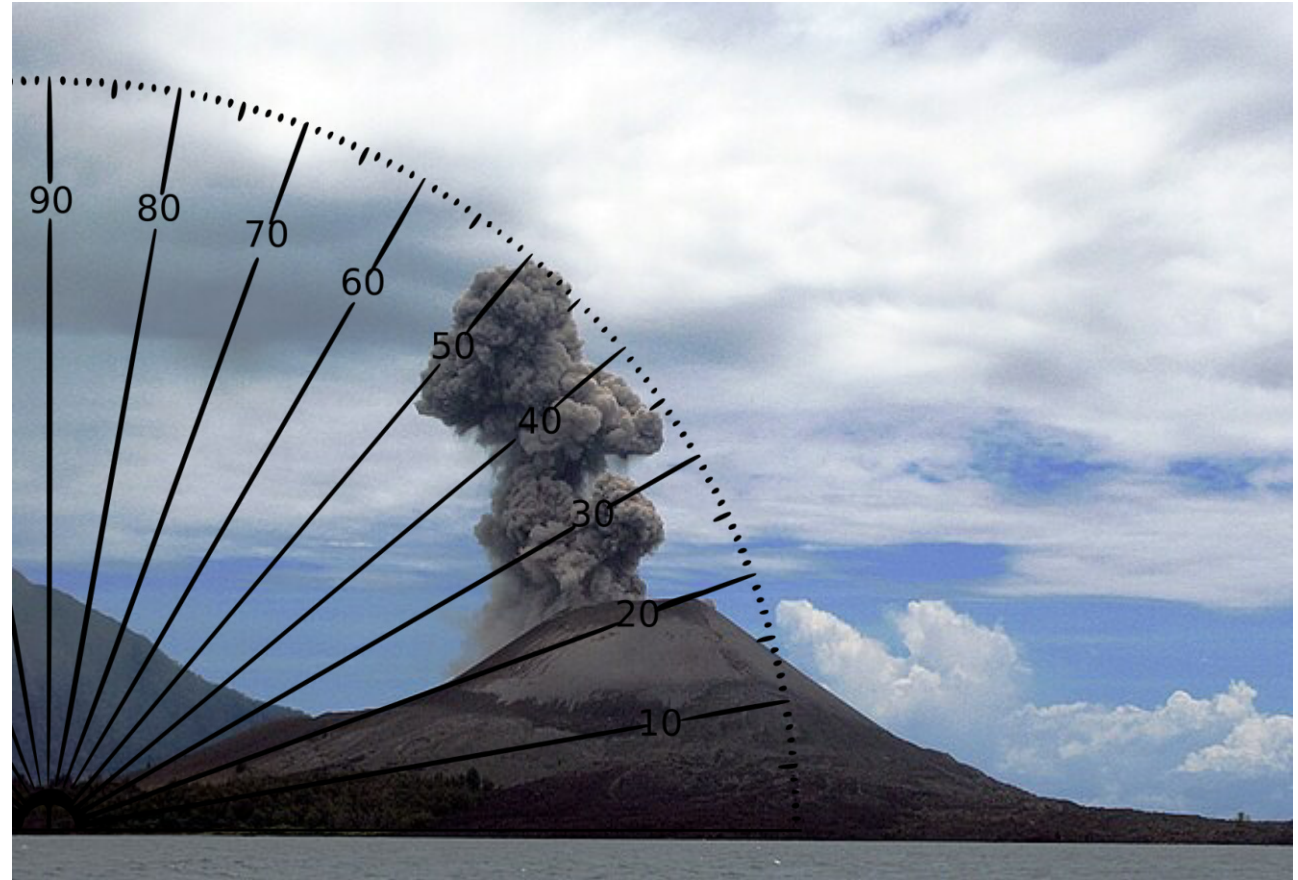


Immagine da Suh et al., 2010.

ERUZIONI ESPLOSIVE

Le eruzioni esplosive sono caratterizzate da alta esplosività e danno origine principalmente a piccole effusioni di lava ed a una più importante formazione di piroclastiti, nubi ardenti e colonne di cenere che possono arrivare nella stratosfera (molti km). La struttura del vulcano sarà quindi composta da alternanze di colate di lava e piroclastiti. I vulcani caratterizzati da questo tipo di attività hanno forme dai fianchi con angoli di riposo più accentuati, fino a 45° , e prendono il nome di **stratovulcani**.

Alcuni esempi: Monte Fuji, Vesuvio, Krakatoa.



Krakatoa



Monte Fuji, Giappone

May 29, 2015

**South Japan large
unexpected eruption
at Kuchinoerabujima
Volcano (webcam view)**

Stratificazione piroclastica

Durante le eruzioni i piroclasti (ceneri, bombe, lapilli, lahar, ...) possono formare dei Tefra (acumuli non consolidati) che formano delle stratificazioni magmatiche. La stratificazione, se per processi di deposizione, sarà parallela alla forma del terreno mentre nel caso di flussi piroclastici si avrà una direzione di flusso.



Stratificazione
piroclastica con bombe
che hanno interferito
con i livelli non ancora
cementati delle
precedenti eruzioni
(Tefra).



Perché la gente vive vicino ai vulcani

Malgrado il rischio di avere un cratere proprio sopra la testa, tanta gente, ora e nel passato, ha scelto di vivere sotto le pendici dei vulcani. Oggi ci sono circa 500 milioni di persone che vivono vicino a un vulcano attivo. E non è che siano tutti stupidi o dei pazzi amanti di inutili rischi... Anzi, vivere vicino a un vulcano presenta, o ha presentato nel passato, dei vantaggi particolari.



L'Etna e gli insediamenti abitativi vicini

Perché la gente vive vicino ai vulcani

Il suolo vicino ai vulcani è infatti molto fertile (ricco in sostanze nutritive come fosfati, nitrati, potassio e calcio) e i materiali espulsi possono essere usati nella vita quotidiana per costruire oggetti, utensili e costruire abitazioni, lo zolfo per esempio può essere usato per fare fiammiferi o nella medicina, le acque calde che risalgono in superficie sono ricche di minerali che fanno bene alla salute.



Il terroir lavico-alcalino dell'Etna consente la coltivazione di tre vitigni autoctoni: i rossi nerello mascalese e nerello cappuccio e il bianco carricante.

Perché la gente vive vicino ai vulcani

Inoltre i vulcani sono una fonte di energia inesauribile, che non produce effetti dannosi sull'ambiente. Il calore che si sprigiona dalla Terra, soprattutto nei punti dove la crosta è più sottile o presenta delle spaccature, può venire utilizzato per riscaldare le case e fare funzionare le fabbriche. Per esempio in Islanda, che è una delle zone più vulcaniche della Terra, le case sono tutte riscaldate con l'acqua bollente che viene da sotto terra e che viene convogliata nelle tubature: riscaldamento **geotermico**.



Attività vulcaniche in Italia

I vulcani **attivi** manifestano la loro attività in modo continuo o ad intervalli brevi o lunghi anche centinaia di anni.

Sono invece vulcani **quiescenti** i vulcani che hanno avuto un'attività eruttiva negli ultimi secoli, come i Campi Flegrei, Ischia, ed emettono ancora gas e vapore acqueo.

Quando un vulcano non erutta da più di 10000 anni, si può considerare **estinto**. Ad esempio, si considerano estinti i vulcani dei Colli Laziali e il Monte Amiata.

Ad oggi i vulcani attivi in Italia sono concentrati nel meridione e nelle isole.



DEFINIZIONE DI RISCHIO

Il *rischio* (R) è la probabilità che una manifestazione di un processo naturale/antropico (per il rischio vulcanico consideriamo l'attività vulcanica in tutte le sue forme) danneggino la popolazione in termini di perdite umane o di danni materiali.

$$R=H*V*W$$

H = Pericolosità (probabilità che un dato fenomeno potenzialmente dannoso, di data intensità, si verifichi in una data area e in un dato periodo di tempo),

V = Vulnerabilità (grado di perdita prodotto su un certo elemento o gruppo di elementi a rischio in seguito al verificarsi di un dato fenomeno di una data intensità),

W = Valore degli elementi a rischio (valore economico, o numero delle unità, degli elementi a rischio in una data area).

La grandezza rischio ha al suo interno componenti probabilistiche: non è un fattore assoluto!

L'analisi del rischio è il processo decisionale che consiste nell'analisi di un'area per valutare gli effetti sull'uomo e sulle sue attività derivanti dall'esposizione all'azione di eventi presenti nell'ambiente considerato.

VALUTAZIONE DI H

Assunzione: eventi di uno stesso tipo, che hanno coinvolto aree particolari, si possono ripetere nelle medesime zone con modalità e frequenze analoghe.

PERICOLOSITÀ (“*Hazard*” o Probabilità di accadimento) H:

probabilità che un dato fenomeno potenzialmente dannoso, di data intensità, si verifichi in una data area e in un dato periodo di tempo; espressa in termini di probabilità annua, o di tempo di ritorno:

$$H = H(I)$$

Intensità (“*Intensity*” o Magnitudo) I:

severità geometrica e meccanica di un dato fenomeno potenzialmente dannoso; espressa in funzione di una grandezza caratteristica (volume, massa, velocità, energia), oppure secondo una scala relativa (es. scala Richter).

$$R = H * V * W$$

Elementi a rischio (“*Elements at risk*”) E:

popolazione, proprietà, attività economiche, servizi pubblici, beni ambientali e culturali in una data area esposta al rischio.

VALORE DEGLI ELEMENTI A RISCHIO (“*Worth of elements at risk*”) W:

valore economico o numero delle unità degli elementi a rischio in una data area; espresso, oltre che in termini di numero o di quantità di elementi esposti, anche in termini monetari, in funzione del tipo di elemento a rischio:

$$W = W(E)$$

ESEMPIO: Numero di presenze umane, valore di una proprietà (terreno, costruzioni, ..), capacità produttiva (industrie, aziende agricole), presenza di beni culturali, di risorse naturali (acqua, suolo, bosco)

$$R = H * V * W$$

VULNERABILITA' ("Vulnerability") V:

Capacità di un determinato elemento (popolazione, edifici, infrastrutture, attività, risorse naturali) di *sopportare* gli effetti in funzione *dell'intensità dell'evento*.

Grado di perdita prodotto su un certo elemento o gruppo di elementi a rischio in seguito al verificarsi di un dato fenomeno di data intensità; espresso in una scala variabile da 0 (nessuna perdita) a 1 (perdita totale):

$$V = V(I;E)$$

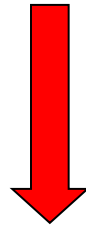
Si concretizza nel fatto che allo stesso evento con la stessa pericolosità, un territorio risponde in modo diverso secondo la sua forza intrinseca.

$$R = H * V * W$$

Aree interessate da intensi processi naturali (*terremoti, vulcani, frane, ecc.*) che non comportano alcun problema all'uomo ed alle sue attività (*zone non antropizzate*) sono caratterizzate da

PERICOLOSITA' ELEVATA, RISCHIO NULLO

$$H \gg 0 \quad V=W=0 \Rightarrow R=0$$



Fenomeno fisico per essere *dannoso* deve essere confrontato con
ciò che si trova sul territorio
(presenze umane, attività, infrastrutture, ecc.)

DANNO POTENZIALE (“*Potential worth of loss*” o Valore potenziale delle perdite) W_L :

entità potenziale delle perdite a seguito del verificarsi di un dato fenomeno di data intensità;

espresso in termini di:

- numero, o quantità di unità esposte al rischio, oppure
- in termini monetari

$$W_L(I;E) = W(E) V(I;E)$$

RISCHIO SPECIFICO (“*Specific risk*”) R_s :

grado di perdita atteso, per una data tipologia di elemento a rischio, a seguito del verificarsi di un dato fenomeno di data intensità; espresso in termini di probabilità annua:

$$R_s(I;E) = H(I) V(I;E)$$

RISCHIO TOTALE (“*Total risk*”) R :

valore atteso delle perdite umane (morti, feriti), dei danni alle proprietà, delle perturbazioni alle attività economiche, dei danni ai pubblici servizi ed ai beni ambientali e culturali, a seguito di un dato fenomeno di data intensità; espresso per un dato elemento a rischio, in termini di:

- *costo annuo,*
- *numero o di quantità di unità perse per anno*

$$R(I;E) = R_s(I;E) W(E) = H(I) V(I;E) W(E)$$

Criteri per la valutazione della pericolosità vulcanica

VALUTAZIONE DELLA PROBABILITA' DI ERUZIONE

Obiettivo: ==> ricostruzione della storia eruttiva di un dato vulcano;

Difficoltà connesse a:

- lunghi periodi di quiescenza del vulcano;
- poche eruzioni in epoca storica;
- dati storici pressoché inesistenti per molte regioni del globo;
- tracce delle eruzioni minori spesso cancellate da eventi successivi o da fenomeni di erosione superficiale;

Correlazione tra frequenza delle eruzioni e volume dei materiali eruttati (inversamente proporzionali).

Metodi di previsione

basati su:

Osservazione dei cicli
dell'attività vulcanica

Sorveglianza geofisica e
geochimica

Sorveglianza **GEOFISICA**:
controllo dell'attività sismica
(a piccola profondità: 3-4 km),
del sollevamento del suolo e
delle variazioni del campo
magnetico terrestre

Sorveglianza **GEOCHIMICA**:
monitoraggio dei gas magmatici
e delle acque di falda

RISCHI E PERICOLI ASSOCIATI ALL'ATTIVITÀ VULCANICA

L'attività di un vulcano non si limita alle sole eruzioni ma prevede una complessa serie di processi geologici, diretti e indiretti, che possono causare rischi e pericoli alle persone e al territorio. In particolare:

- Colate di lava;
- Caduta di materiale piroclastico;
- Surge piroclastici;
- Flussi piroclastici (nubi ardenti);
- Emissioni di gas;
- Inquinamento delle falde acquifere;
- Bradisismo;
- Terremoti;
- Tsunami;
- Lahar;

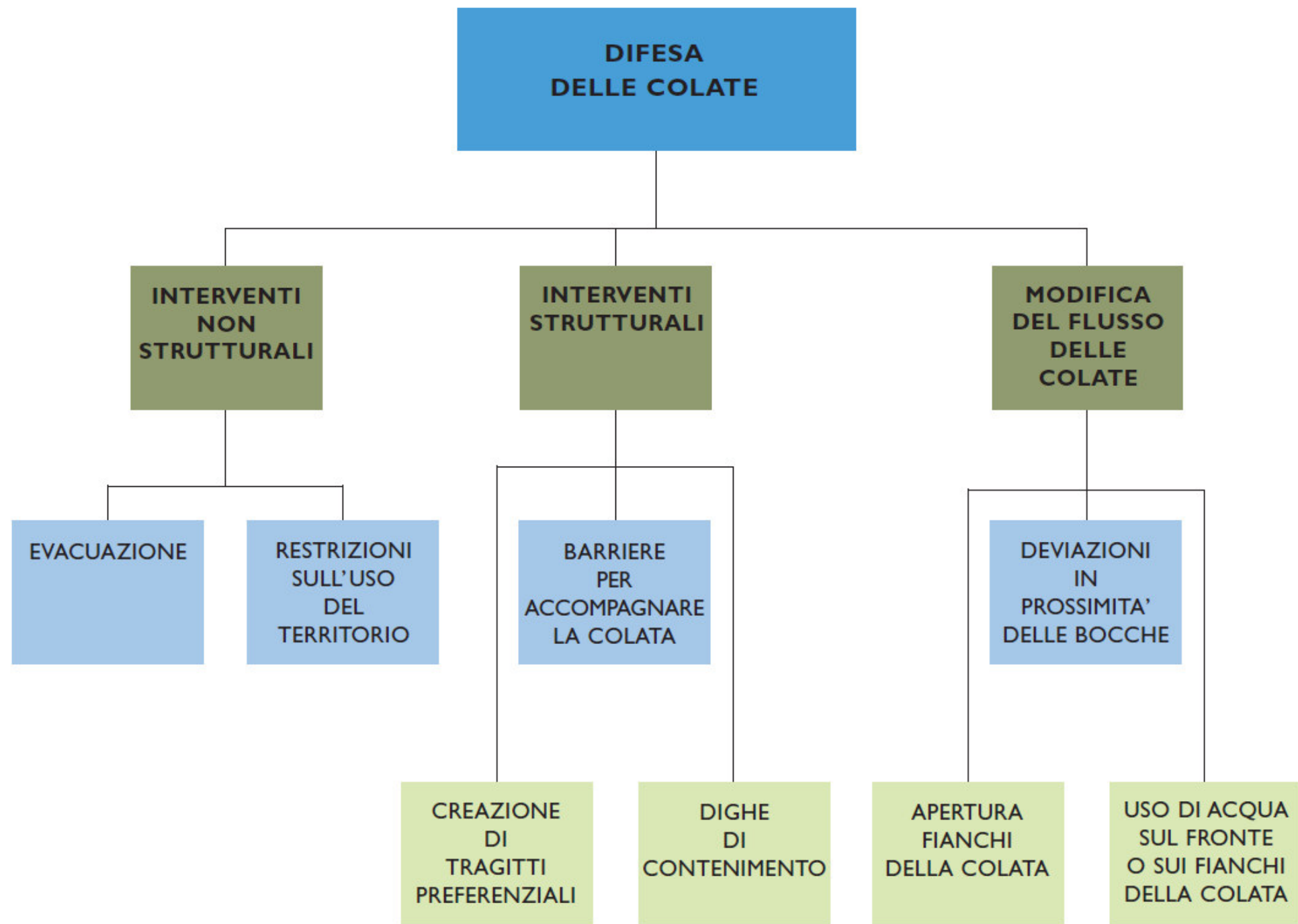
COLATE DI LAVA

Le colate di lava non rappresentano un rischio importante per la popolazione, avendo velocità ridotte (la velocità massima registrata di una colata lavica è di 15 km/h). Al contatto con l'ambiente esterno, la lava si raffredda rapidamente in superficie formando una crosta che rallenta l'avanzamento della colata. Così già a pochi chilometri dalla bocca eruttiva, la colata lavica si muove ad una velocità di poche decine di metri all'ora.

La velocità di una colata dipende da diversi fattori fra cui il tasso di alimentazione, cioè la velocità alla quale la lava viene eruttata, la composizione della lava e la sua temperatura (dalle quali dipende la viscosità della lava e quindi la sua capacità di scorrere) e non ultima la pendenza del terreno su cui la lava scorre.

Al contempo le colate di lava sono impossibili da fermare e possono creare ingenti danni a strutture e abitazioni.





Efficacia degli interventi strutturali e dei tentativi di modifiche dei flussi di lava.

Tra gli esperti non vi è ancora una chiara visione se gli interventi strutturali e i tentativi di modifiche dei flussi di lava hanno una effettiva efficacia oppure no.

Quando si sono dimostrati efficaci, come nel caso dell'eruzione del vulcano Fagradalsfjall in Islanda nel 2023 (le case bruciate sono state frutto di una seconda apertura apertasi dopo le barriere), la lava si è fermata anche grazie al diminuire dell'eruzione, e perciò al minore apporto di lava che non è così riuscita a superare la barriera.



CADUTA DI MATERIALE PIROCLASTICO

La caduta di materiale piroclastico durante un'eruzione può originare pericoli diretti ed indiretti. Tra i pericoli diretti ricordiamo la caduta di bombe, che possono colpire persone ed oggetti e creare incidenti. Anche la caduta di cenere, se in grandi quantità, può causare danni a strutture come i tetti delle case.

Alla caduta di materiale piroclastico si accompagnano poi pericoli indiretti quali: contaminazione delle acque, una minore visibilità, una peggiore qualità dell'aria, il peggioramento della viabilità, la possibilità di innesco di Lahar, ...



SURGE E FLUSSI PIROCLASTICI

L'attività esplosiva di un vulcano può dare vita a Surge e Flussi piroclastici. Rispetto alla semplice caduta di detriti piroclastici, i surge ed i flussi possono raggiungere velocità elevate (anche di centinaia di km/h) che aumentano esponenzialmente la loro distruttività e la loro pericolosità.

Si definisce Surge la risalita verso l'alto del materiale piroclastico, che successivamente può collassare per effetto della densità e iniziare una veloce discesa che ne aumenta la velocità e lo porterà a trasformarsi in un flusso. Nei flussi sono mischiati gas, piroclasti incandescenti ed aria riscaldata e sono anche chiamati nubi ardenti.

I rischi sono evidenti: basti pensare a quel che è successo a Pompei ed Ercolano!

L'unica prevenzione che si può fare è l'evacuazione.





Flusso piroclastico che ha seppellito la città di Plymouth (1995, Montserrat, Piccole Antille)



Flusso piroclastico del Mt. St. Helens, 1980. Raggiunse una temperatura di 700°C avanzò ad una velocità iniziale di 350 km/h accelerando ad oltre 1000 km/h e superando la velocità del suono. Al suo passaggio, fece evaporare all'istante il lago Spirit, uccidendo ogni forma di vita animale e vegetale, e lasciando solo devastazione per un'area a ventaglio di oltre 37 km.

Mt Peleé, Martinique (1902)

Nel 1902, l'eruzione del Mt Peleé in 1902 produsse un flusso piroclastico che distrusse completamente la città di St. Pierre. Ci furono più di 30000 morti e solo 4 sopravvissuti.



EMISSIONI DI GAS

L'attività vulcanica è spesso accompagnata da emissioni di gas di diversa natura. Il calore dei gas può dare origine a sorgenti termali, geyser, fumarole, solfatare, mofete, ...

Nonostante la maggior parte delle emissioni di gas prodotte dai vulcani siano abbastanza innocue, in alcuni casi possono essere letali per l'uomo e gli animali. In particolare, la fuoriuscita di anidride carbonica, più pesante dell'aria, può creare delle zone di ristagno in cui si può morire per asfissia (come il fondo del cratere di Vulcano o Grotta del Cane presso i Campi Flegrei).

I composti chimici più comuni nei gas emessi dai vulcani sono: vapore acqueo, CO_2 , CO , SO_2 e HCl .





Costa Rica's Cueva

Cueva de la Muerte, grotta situata sul fianco del vulcano Poas in Costa Rica.

MENU | CERCA

la Repubblica

ABBONATI

GEDÌ SMILE

R

ACCEDI

(ansa)

Tragedia alla Solfatarata di Pozzuoli: famiglia muore in un cratere per salvare il figlio

di IRENE DE ARCANGELIS, ANNA LAURA DE ROSA, ANTONIO DI COSTANZO, STELLA CERVASIO

Le vittime sono padre, madre e figlio, originari di Torino vivevano in provincia di Venezia. Forse sopraffatti forse dalle esalazioni. Un bimbo di sette anni si salva. Un testimone: "Ho visto il bimbo correre piangendo". In arrivo i nonni del piccolo sopravvissuto. Il vulcanologo: "Le precipitazioni intense possono determinare questi cedimenti"

INQUINAMENTO DELLE FALDE ACQUIFERE

Uno degli effetti dell'emissione di gas da parte di un vulcano è che questi possono entrare all'interno delle falde acquifere inquinandole.

Non è l'unico processo attraverso il quale un vulcano può influire sulle falde acquifere: anche le ceneri infatti possono inquinare le acque superficiali ed entrare nel sistema idrologico e successivamente, vista la loro ridotta dimensione, entrare nelle falde.

Un altro esempio è sempre dato dall'emissione di gas in atmosfera: dove questi si concentrano possono acidificare le piogge (come accade sul cratere dell'Etna) che entrano poi nelle acque di falda inquinandole.

Un controllo periodico dell'acqua di falda e la costruzione di depuratori possono prevenire problemi alla salute.



L'impronta del vulcano nella falda acquifera dell'Etna



BY BPH-MIK ON 4 MARZO 2017

CLIMA E GEOFISICA, PRIMA PAGINA

L'impronta del vulcano nella falda acquifera dell'Etna

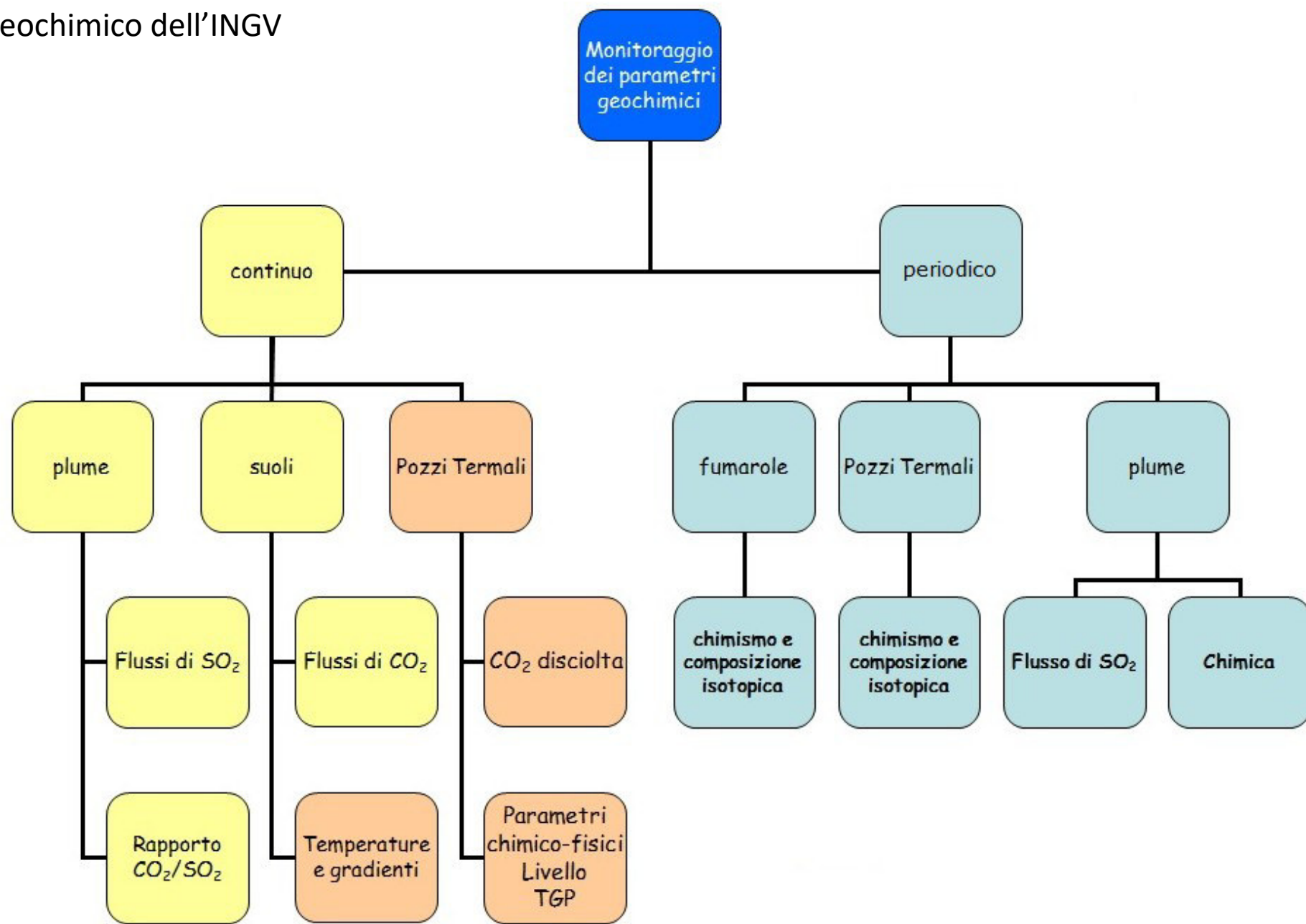
Svelati i meccanismi attraverso cui l'Etna imprime la sua impronta nella falda acquifera che scorre al suo interno, principale risorsa idrica per la Sicilia orientale. A scoprirli, un team di ricercatori INGV.

I risultati sono stati pubblicati su Chemical Geology e su Journal of Volcanology and Geothermal Research

Scritto da Redazione comunicazione.ingv.it

netheart.it/category/clima-e-geofisica/

Monitoraggio geochimico dell'INGV



BRADISISMO E TERREMOTI

La presenza di una camera magmatica e di un apparato vulcanico favoriscono fenomeni di deformazione dei terreni e delle rocce come il bradisismo e i terremoti.

Il bradisismo è solitamente un processo 'lento' per gli esseri umani (circa 1 cm all'anno), ma velocissimo per i tempi geologici. Le deformazioni del terreno a causa del bradisismo non sono direttamente pericolose in sé, ma possono creare danni alle infrastrutture.

Allo stesso modo, l'attività magmatica è solitamente accompagnata da terremoti, che testimoniano lo stress a cui la crosta è soggetta in aree vulcaniche. Diversamente da terremoti legati a processi geodinamici, i terremoti causati dall'attività vulcanica non sono molto forti e i loro ipocentri sono superficiali, spesso associati alle camere magmatiche. Ciononostante, anche questi possono concorrere al danneggiamento di infrastrutture presenti e possono ostacolare tentativi di evacuazione o soccorso.



Le Colonne di Serapide (I-II secolo d.C., Pozzuoli), sono state per secoli il sistema di misurazione del bradisismo dei Campi Flegrei: sono state parzialmente sommerse fino al 1983, quando è iniziata una nuova fase del bradisismo dell'area (innalzamento).

TSUNAMI

Gli Tsunami generati da attività vulcanica, in mare o vicina alla costa, sono meno frequenti di quelli prodotti da terremoti sottomarini ma possono essere comunque molto forti. Violente eruzioni sottomarine possono provocare lo spostamento di grandi volumi d'acqua e generare pericolosi tsunami. Gli tsunami di origine vulcanica sono causati principalmente da eruzioni esplosive. Questo accade quando la bocca eruttiva del vulcano sottomarino si trova vicino alla superficie dell'acqua. Eruzioni di vulcani subaerei, situati in prossimità delle coste (come lo Stromboli), possono produrre dense nubi di gas e frammenti di lava che, scivolando ad alta velocità lungo le pendici del vulcano e precipitando in mare, spostano grandi volumi d'acqua generando onde di tsunami. Esistono sistemi d'allerta che forniscono indicazioni sull'arrivo di uno tsunami con 10-15 minuti di anticipo e che si basano anche su modelli probabilistici. Purtroppo la piccola dimensione del Tirreno e del Mediterraneo rispetto agli Oceani fa sì che il tempo di arrivo delle onde sia molto breve, con conseguente poco tempo per l'allerta della popolazione.



HOW DO VOLCANIC ERUPTIONS GENERATE TSUNAMIS?



- | | | |
|------------------------------|---|--|
| 1 ORIGINAL SUMMIT OF VOLCANO | 4 LATERAL BLAST | 6 TSUNAMI FORMS |
| 2 VOLCANO COLLAPSES | 5 FAST-MOVING DEBRIS AVALANCHE CRASHES INTO SEA | 7 WAVE TRAVELS OUT TO DISTANT COASTLINES |
| 3 MAGMA BODY IS UNROOFED | | |

Source:

Geoscience
Australia

LAHAR

Un Lahar è una colata di prodotti piroclastici ed acqua che può formarsi quando grandi quantità d'acqua incontrano materiale piroclastico non cementificato (tefra). Si possono formare per scioglimento di ghiaccio e neve in seguito ad un'eruzione, ad intense piogge causate da un'eruzione vulcanica esplosiva che produce grandi quantitativi di vapore creando così temporali di origine vulcanica o un'inondazione causata da un ghiacciaio o da un lago proglaciale presenti all'interno di un cratere vulcanico. Negli ultimi anni, con l'estremizzazione degli eventi meteorologici, i lahar si possono formare anche a seguito di periodi di piogge particolarmente intense.

I lahar non sono facilmente prevedibili se avvengono durante un'eruzione vulcanica e la velocità e potenza del loro flusso li rende particolarmente distruttivi. Possono essere in parte prevenuti grazie ad un'attenta pianificazione dell'uso del suolo e alla costruzione di opere infrastrutturali dedicate.



Lahar generato in seguito all'eruzione del Pinatubo, Filippine

Attività vulcaniche in Italia

I vulcani **attivi** manifestano la loro attività in modo continuo o ad intervalli brevi o lunghi anche centinaia di anni.

Sono invece vulcani **quiescenti** i vulcani che hanno avuto un'attività eruttiva negli ultimi secoli, come i Campi Flegrei, Ischia, ed emettono ancora gas e vapore acqueo.

Quando un vulcano non erutta da più di 10000 anni, si può considerare **estinto**. Ad esempio, si considerano estinti i vulcani dei Colli Laziali e il Monte Amiata.

Ad oggi i vulcani attivi in Italia sono concentrati nel meridione e nelle isole.



ATTORI DELL'EMERGENZA VULCANI IN ITALIA

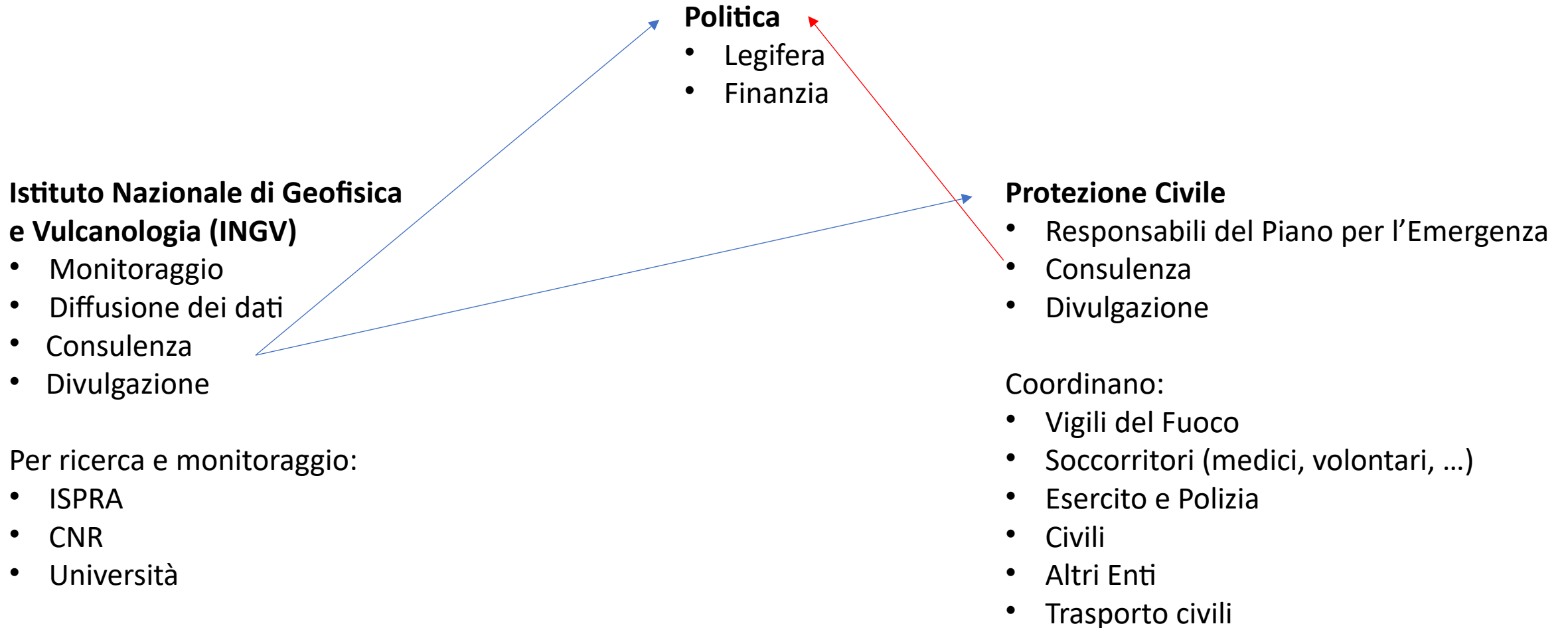




Diagramma funzionale del sistema di allertamento nazionale e regionale per il rischio vulcanico

Regione Sicilia

Siti INGV:

<https://ingvvulcani.com/>

<https://ingvvulcani.com/bollettini-di-sorveglianza-dei-vulcani-italiani/>

https://www.youtube.com/channel/UC3GnD1b5hO8a-ag0yKr_uqw/videos

Osservatorii:

<https://www.ov.ingv.it/> (Osservatorio Vesuviano)

<https://www.ct.ingv.it/> (Osservatorio Etneo)

Tsunami:

<https://cat.ingv.it/it/>

Terremoti e Colli Albani:

<https://www.ont.ingv.it/>

Protezione Civile – Rischio Vulcanico:

<https://rischi.protezionecivile.gov.it/it/vulcanico/>

ITALIA | Sabato 13 gennaio 2024

L'osservatorio sui vulcani di Napoli è nella zona a rischio eruzione e va spostato

Entro un anno il centro di ricerca deve trasferirsi in una nuova sede perché quella attuale si trova all'interno della cosiddetta zona rossa

Condividi

Aggiungi ai preferiti



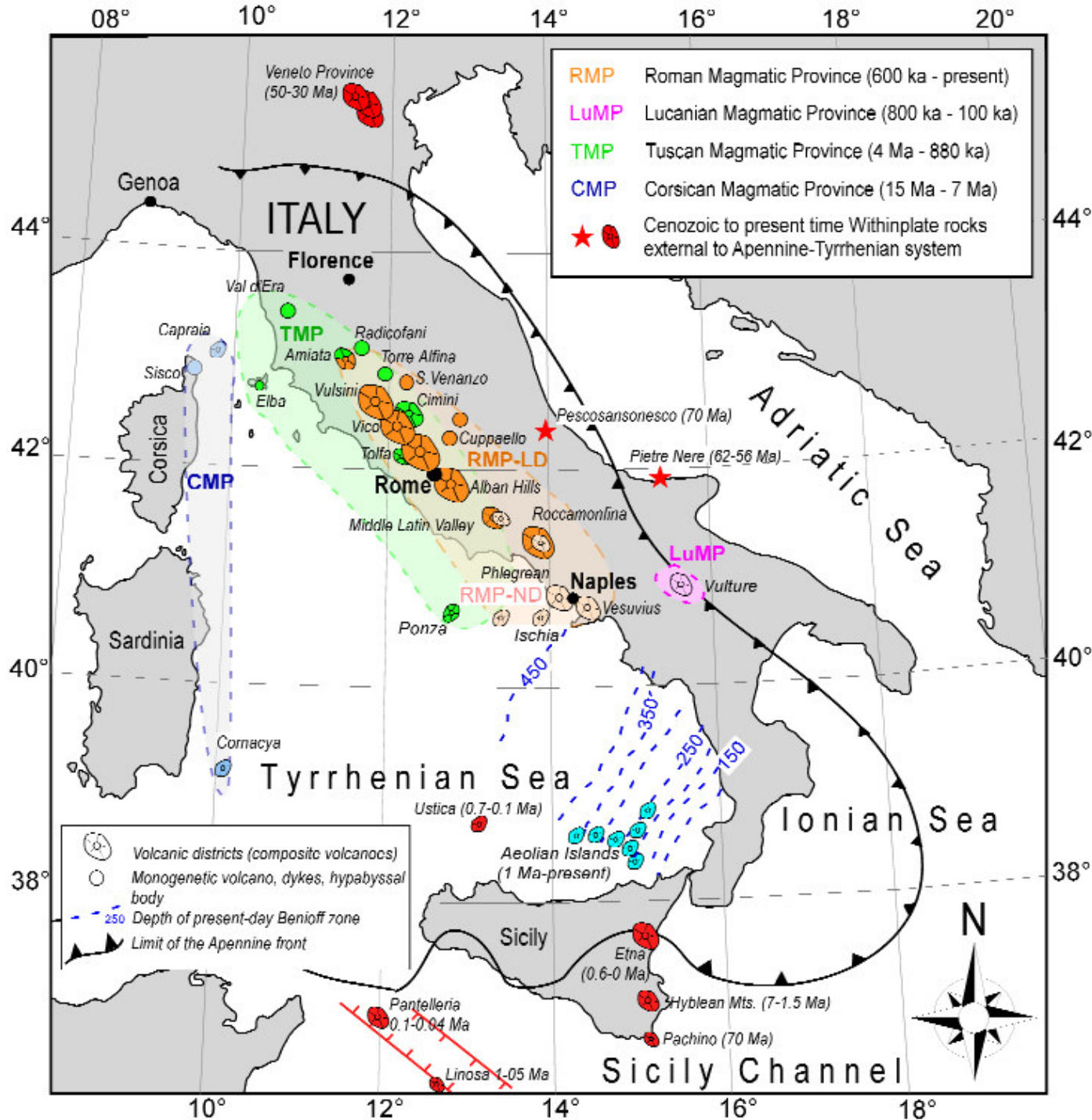
VESUVIO, CAMPI FLEGREI E ISCHIA

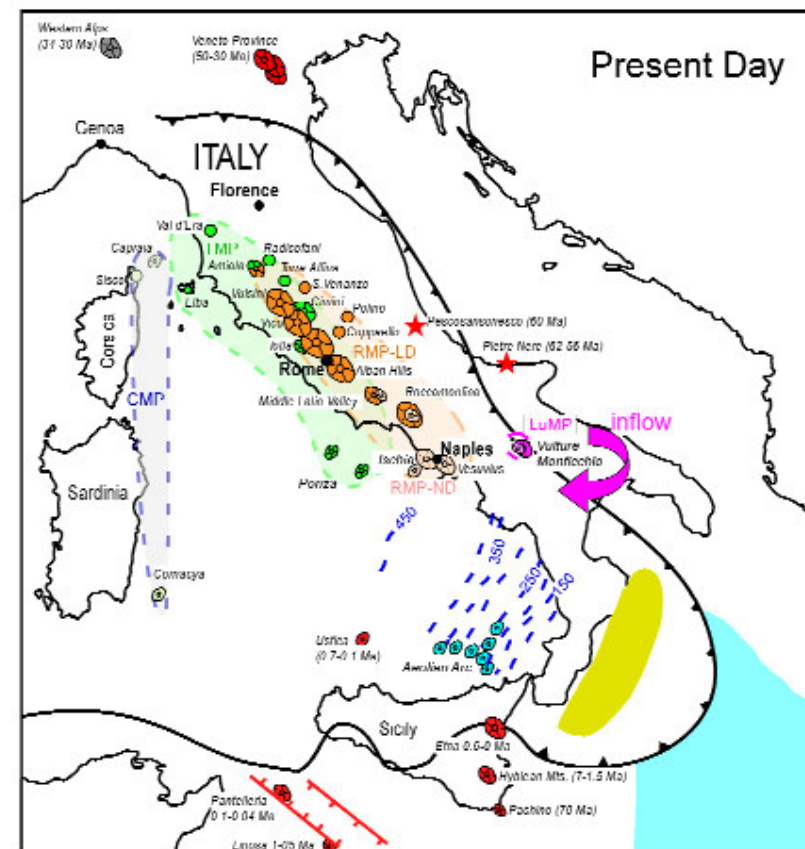
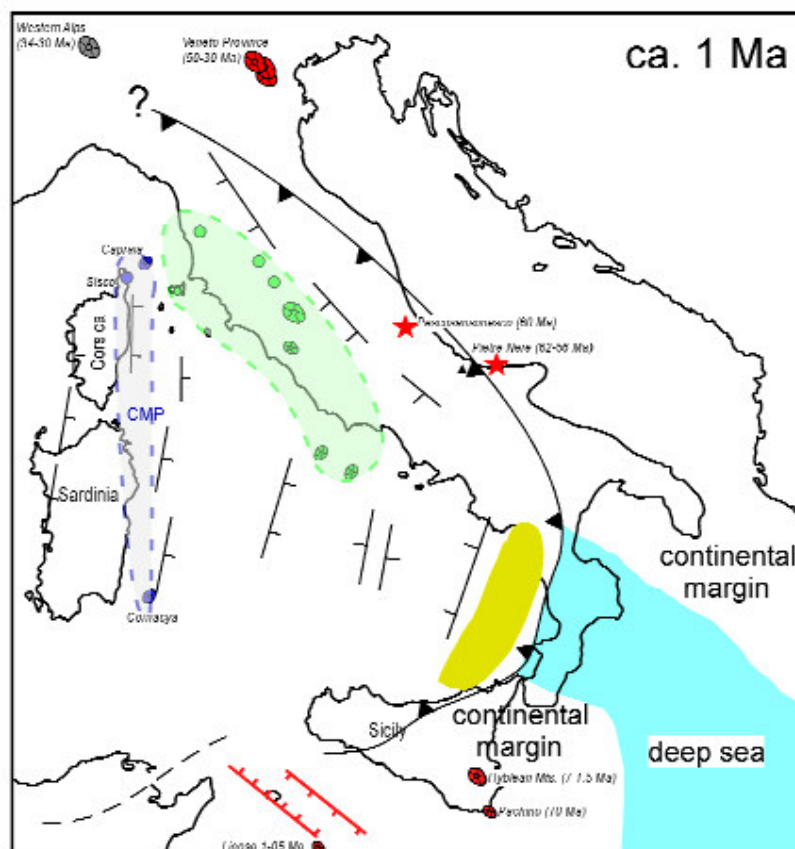
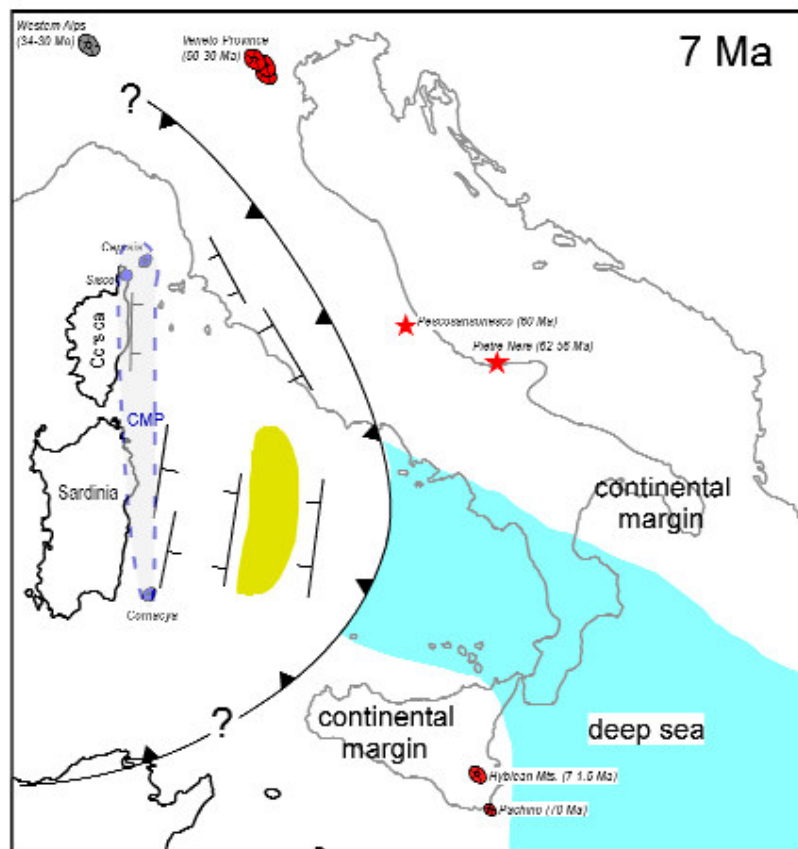
Il Vesuvio, i Campi Flegrei e Ischia sono gli ultimi apparati vulcanici legati al magmatismo alcalino-potassico che dall'Oligocene si è sviluppato lungo la penisola italiana prima da W a E e poi da N verso S a partire dalla Provincia Magmatica Corsa, Provincia Magmatica Toscana, la Provincia Magmatica Romana e infine i vulcani campani.

Ciononostante, è bene ricordare che Vesuvio, i Campi Flegrei e Ischia sono tre distinti apparati vulcanici, ciascuno con le proprie strutture superficiali, le proprie camere magmatiche e sorgenti.

Questo magmatismo particolare deriva da sorgenti di mantello arricchite in componenti crostali dalla fusione di una placca in subduzione. Quando questo arricchimento, chiamato 'metasomatismo', è avvenuto, non è possibile attualmente ricostruirlo: potrebbe essere legato all'attuale subduzione della placca Adria o ad una antica subduzione (Tetide, Orogenesi Varisica,...).

Inoltre, la risalita del magma all'interno della crosta porta a fenomeni di assimilazione della crosta stessa, che ne alterano il chimismo.





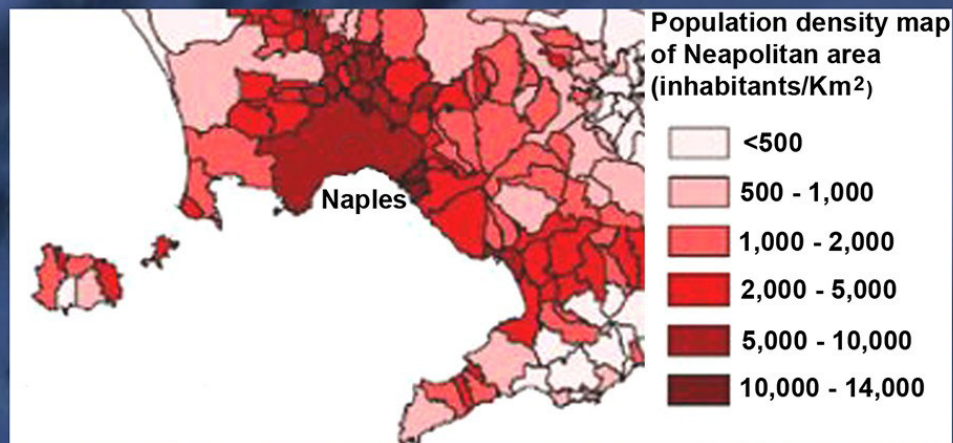
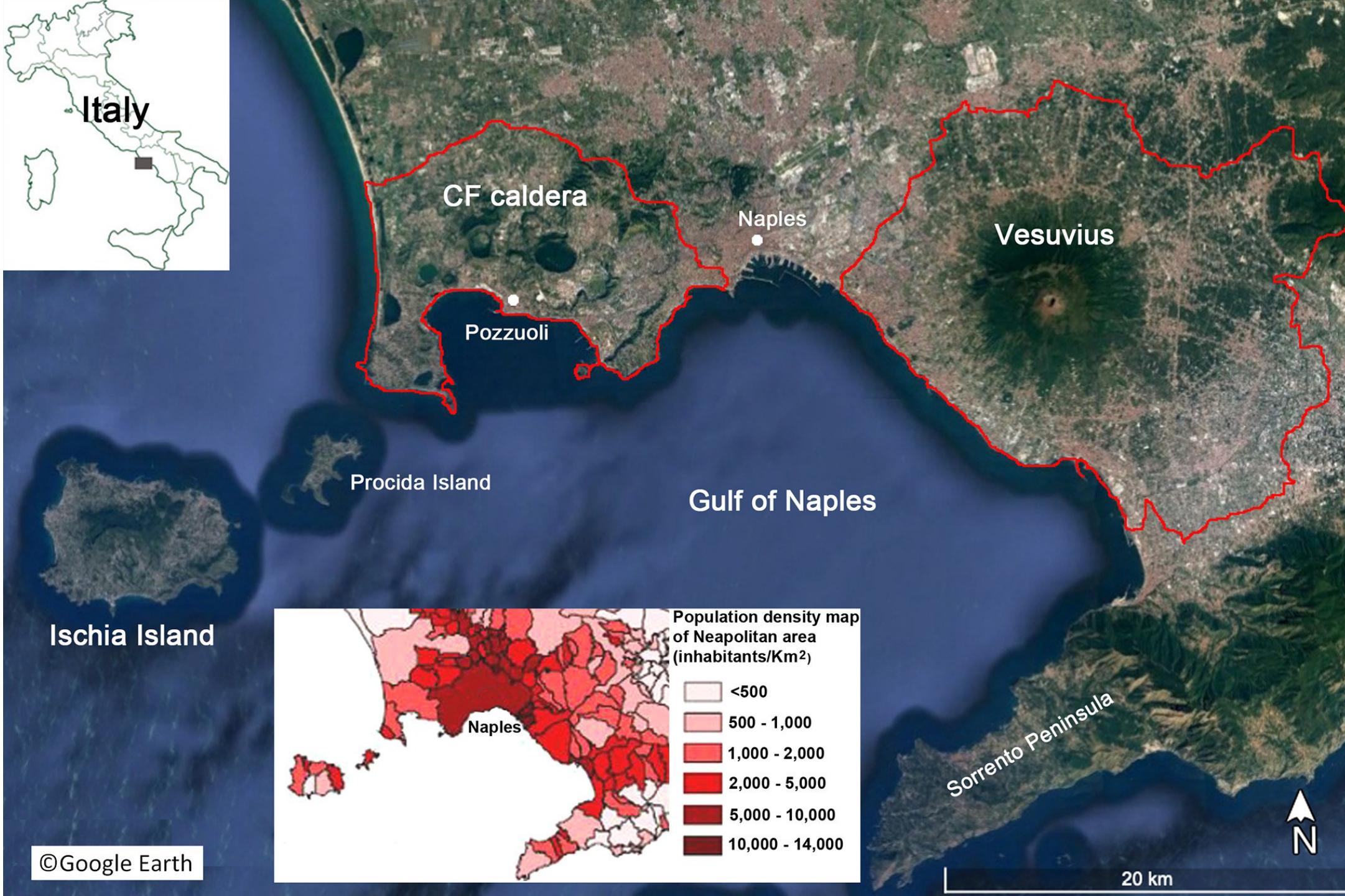
CMP Corsican Magmatic Province
IMP Tuscan Magmatic Province
RMP Roman Magmatic Province
LuMP Lucanian Magmatic Province

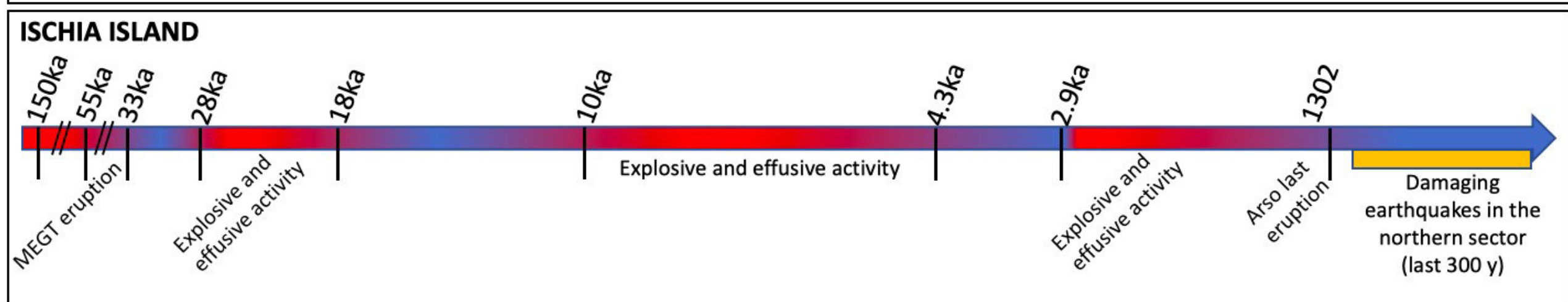
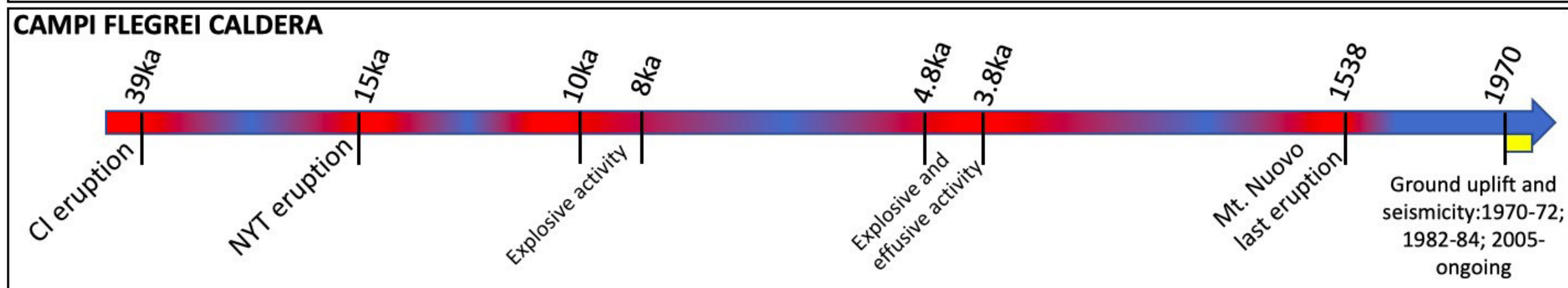
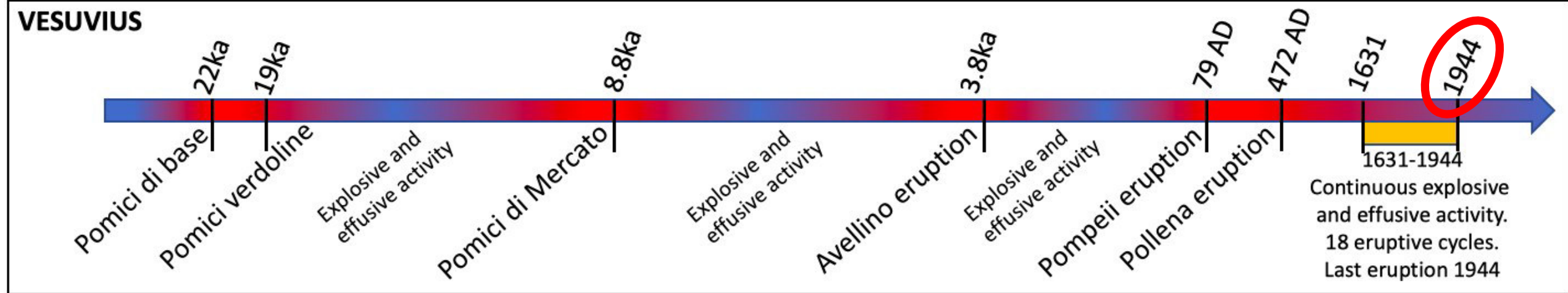
Volcanic districts (composite volcanoes)
Monogenetic volcano, dykes, hypabyssal body
Aeolian Arc - calc-alkalic volcanoes

250 Position and depth of present-day benioff zone
Limit of the Apennine front
Cenozoic to present time Withinplate rocks external to Apennine-Tyrrhenian system

Forearc basin
Normal Faults
inflow from slab window

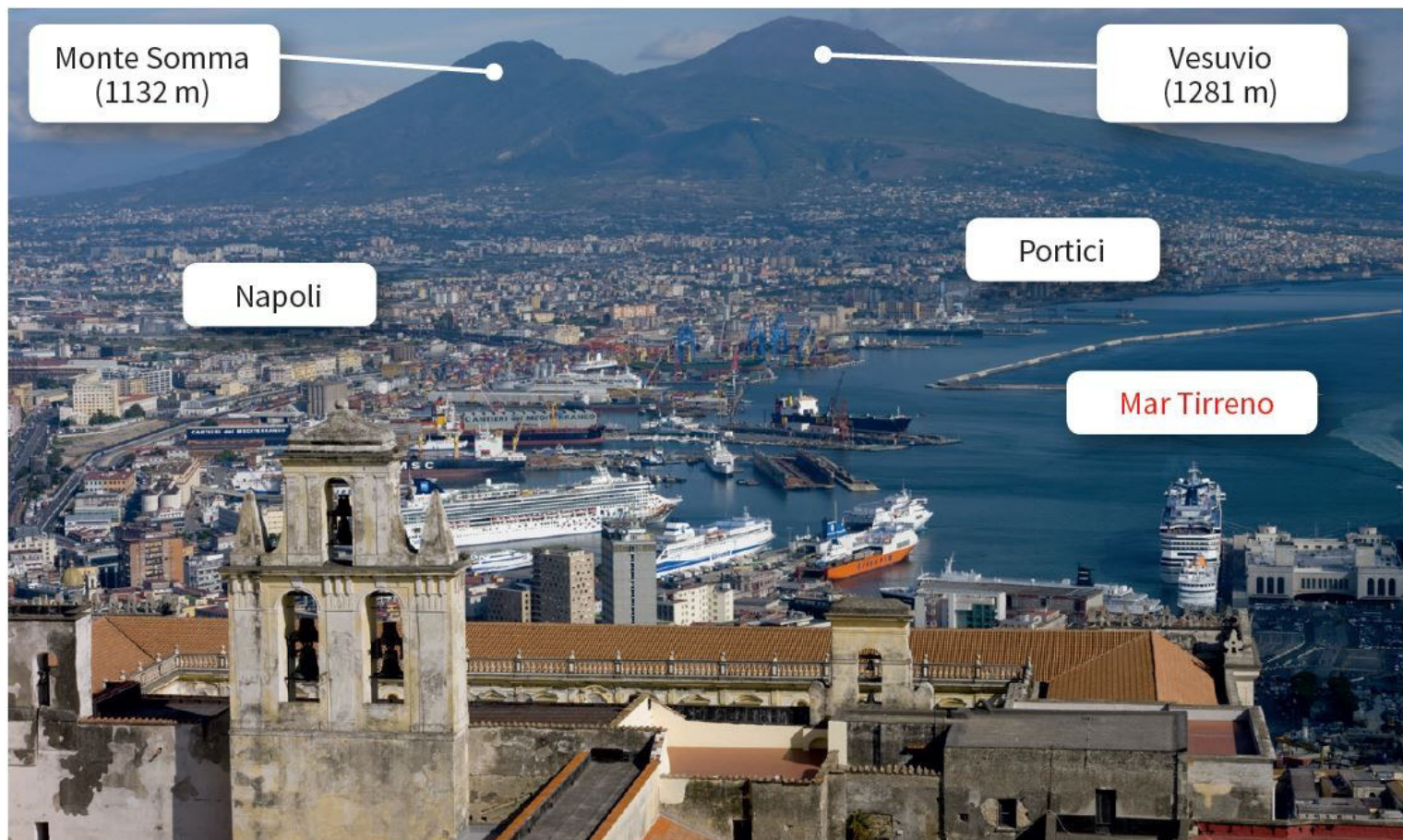
L'evoluzione nel tempo del magmatismo Appenninico suggerisce una diretta correlazione con la subduzione di Adria come fenomeno scatenante la risalita e successiva fusione del mantello. I vulcani si formano al limite di placca perché lo spessore della crosta è minore.



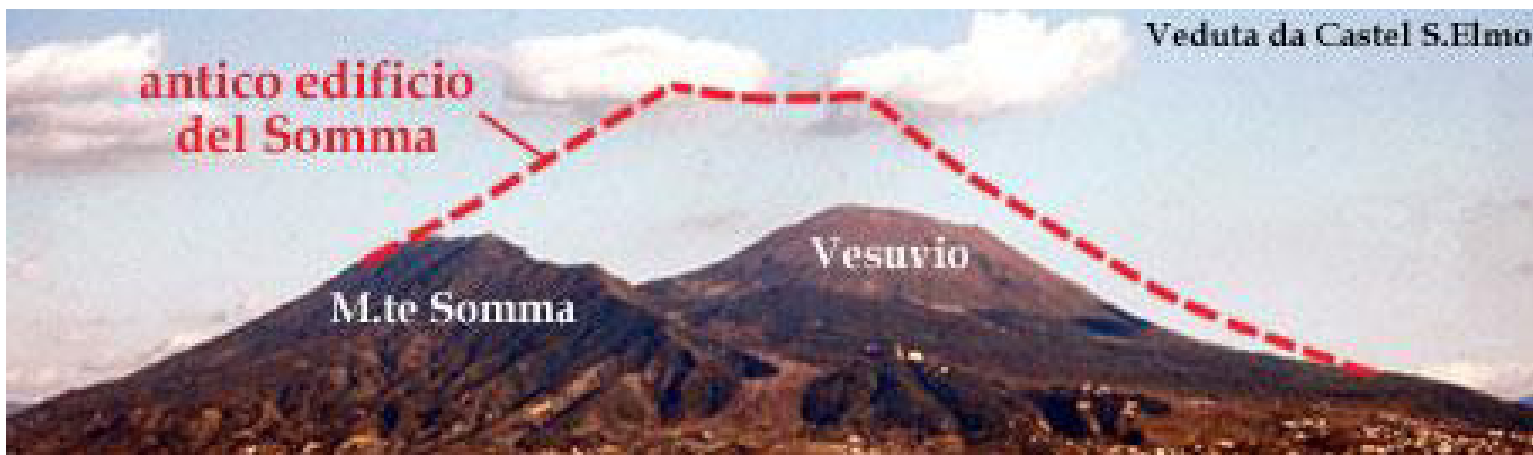


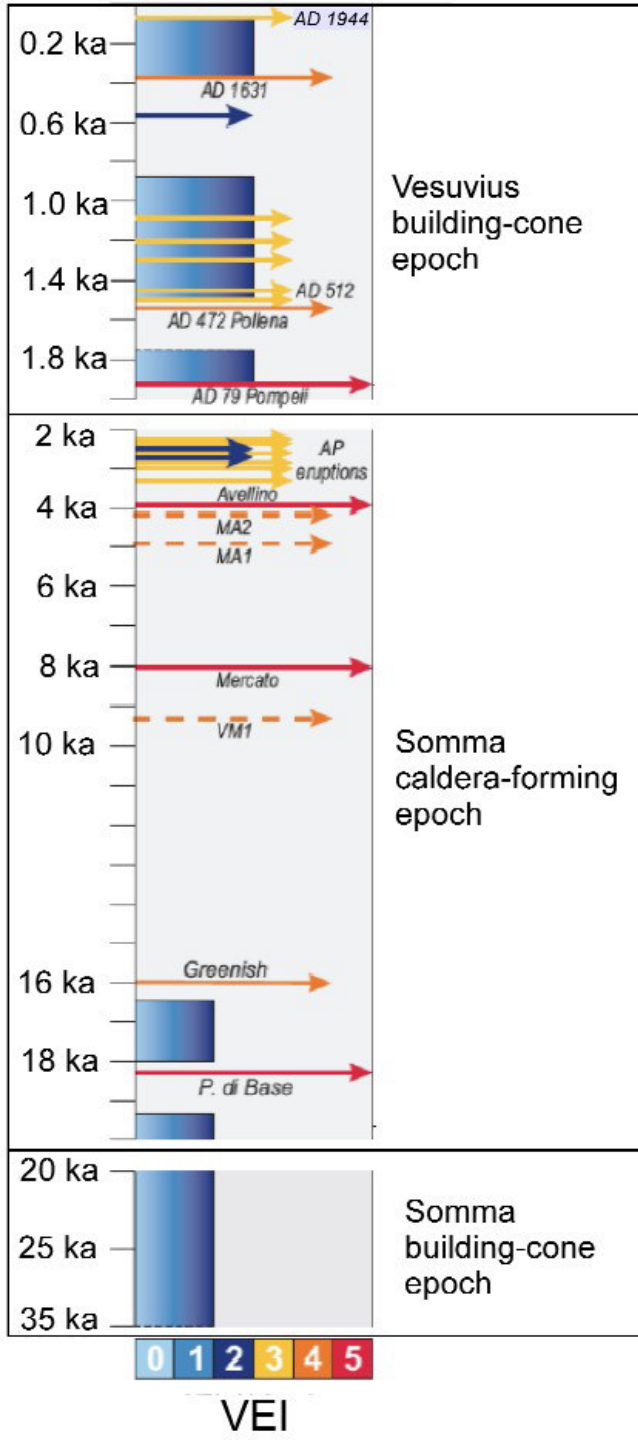


L'ultima eruzione dei vulcani campani è quella del Vesuvio il 17 marzo 1944, durante la conquista da parte degli Alleati del sud Italia.

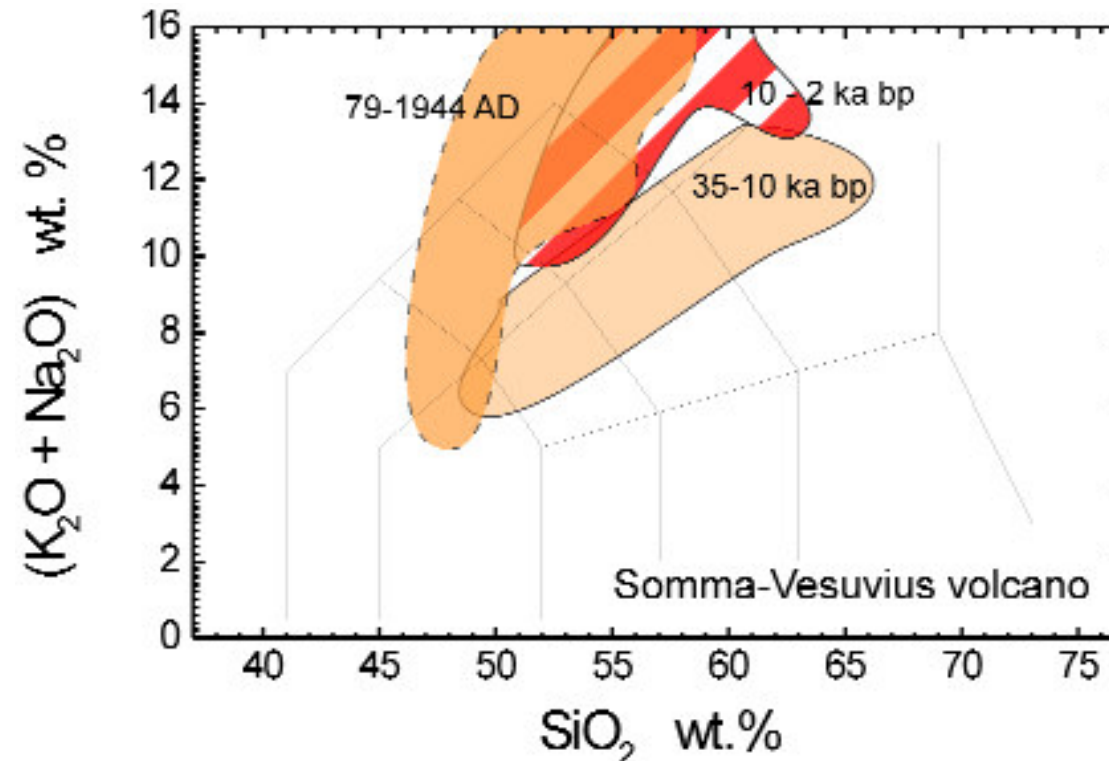


Il Vesuvio è formato da due picchi distinti: il Vesuvio vero e proprio, che rappresenta l'attuale cono vulcanico, e il monte Somma, che è ciò che rimane dell'edificio vulcanico dopo l'eruzione del 79 d.C.





Il Vesuvio mostra un cambio di composizione chimica dei magmi nel corso del tempo, con magmi che diventano sempre più sottosaturi in Si. A questo cambiamento si accompagna un cambio delle eruzioni, che diventano più esplosive a partire da 10 ka, quando inizia a formarsi lo stratovulcano (precedentemente le eruzioni erano perlopiù effusive).

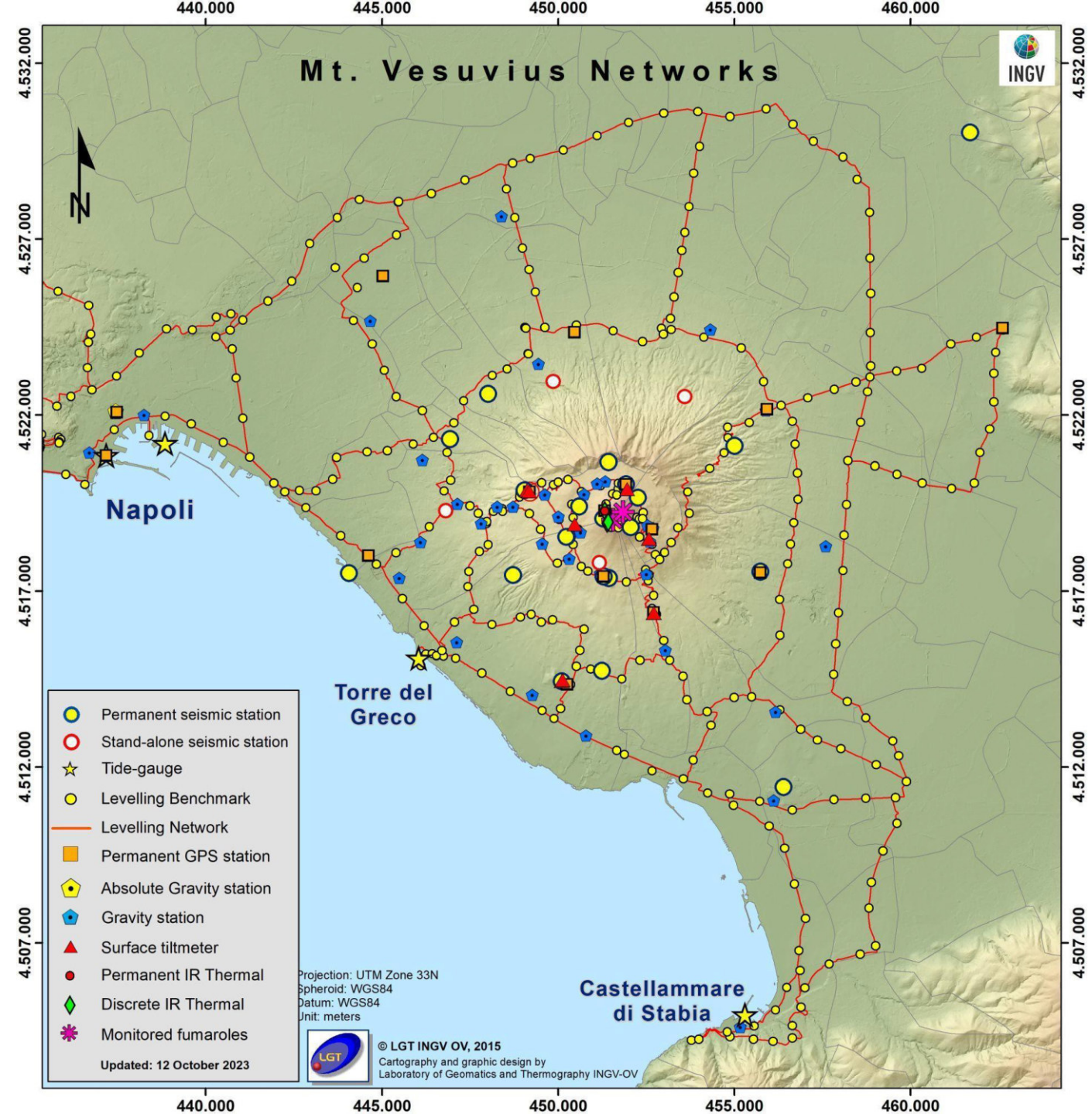


geo
pop



DEEP CANVAS STUDIO
WWW.DEEPCANVAS.IT

Mappa delle
stazioni di
monitoraggio del
Vesuvio - INGV

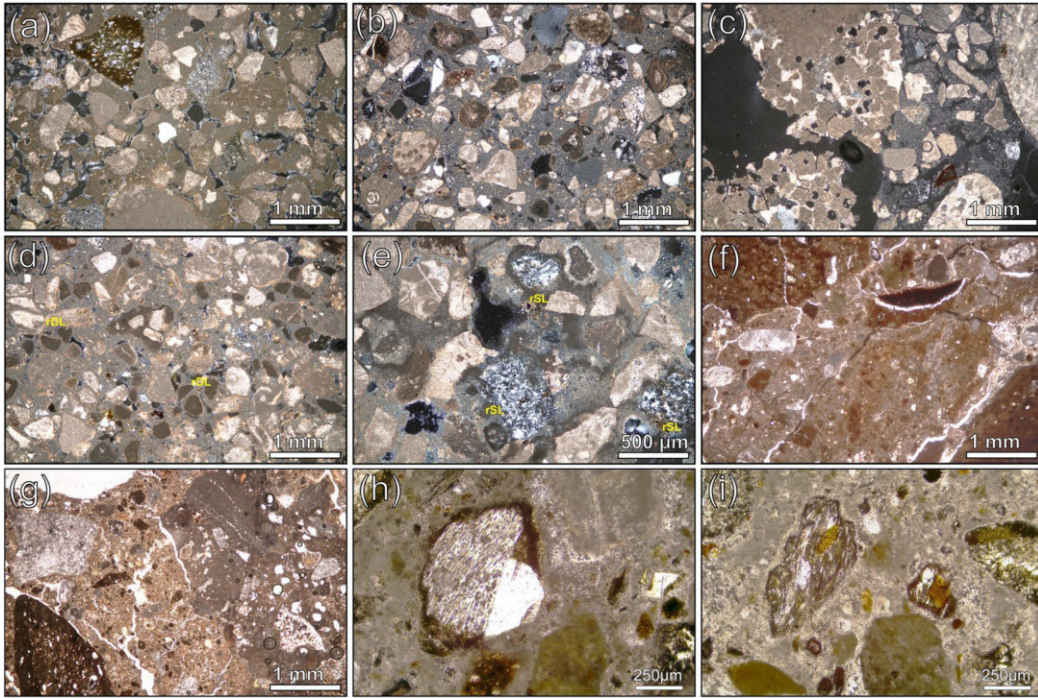


I CAMPI FLEGREI

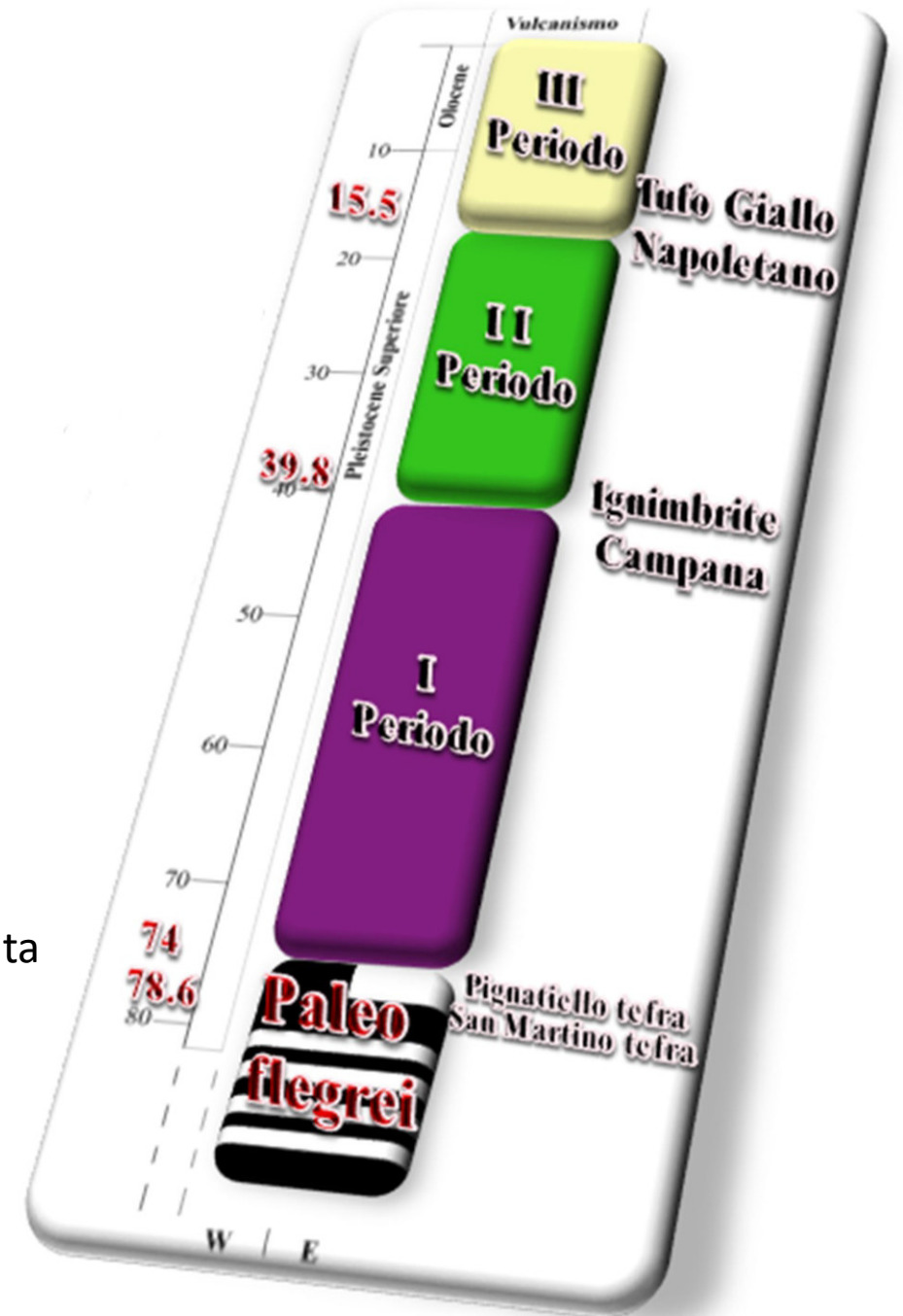
I Campi Flegrei sono una caldera di un antico vulcano, tuttora in attività (ultima, piccola eruzione nel 1538). L'attività di questo vulcano è stata suddivisa in tre epoche sulla base di due marker geologici estremamente importanti:

- l'eruzione del 39ka che ha dato origine all'Ignimbrite Campana e che rappresenta il più catastrofico degli eventi esplosivi documentati nell'area Mediterranea negli ultimi 200 mila anni (ceneri e prodotti piroclastici sono stati ritrovati anche in Russia);
- L'eruzione di 15ka che ha dato origine al Tufo Giallo Napoletano.

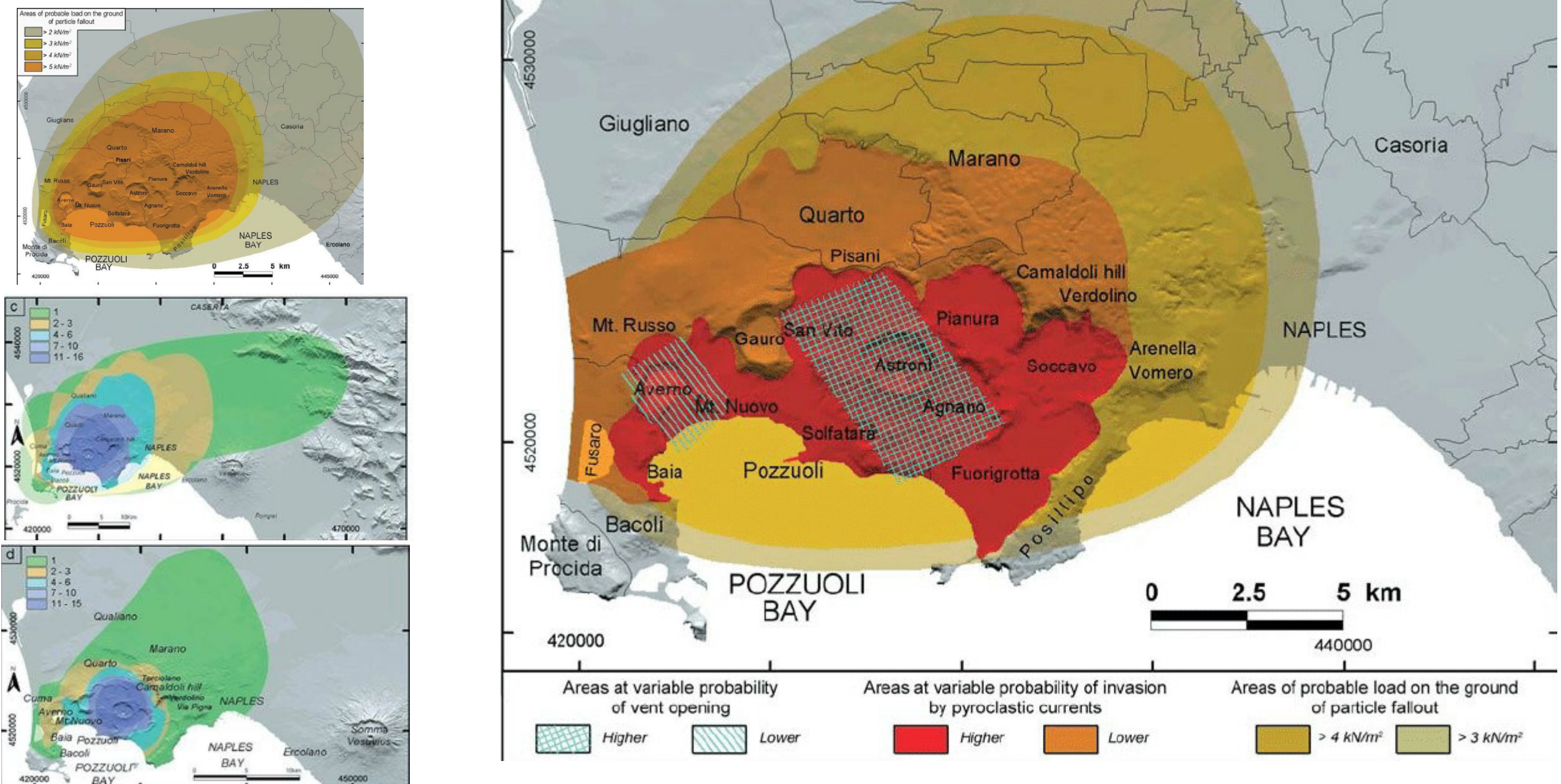
Queste rocce sono state usate come materiale da costruzione sin dall'antichità ed esportata nel mediterraneo.



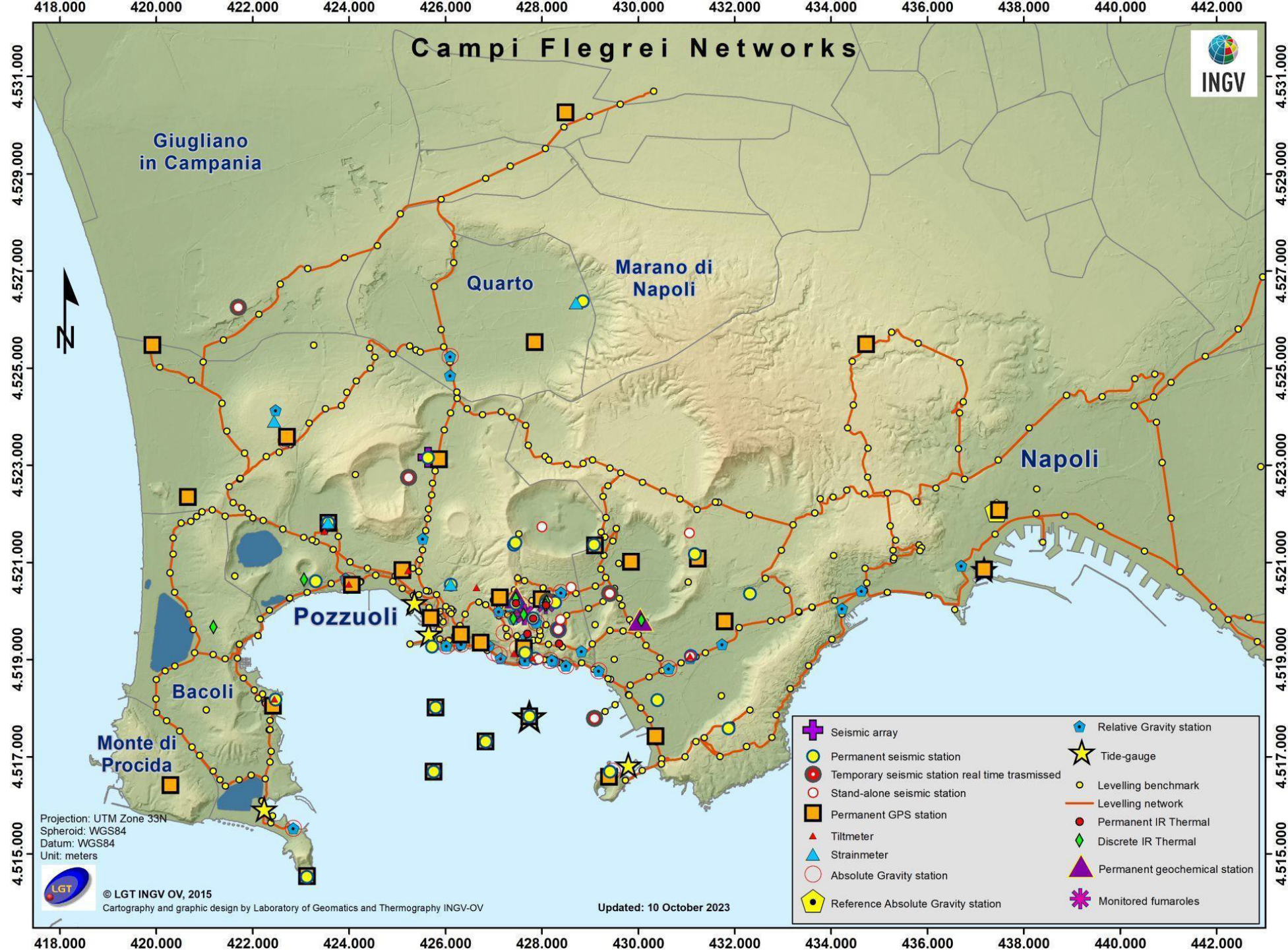
Pezzi di Tufo Giallo Napoletano in una malta del teatro romano di Aquileia.

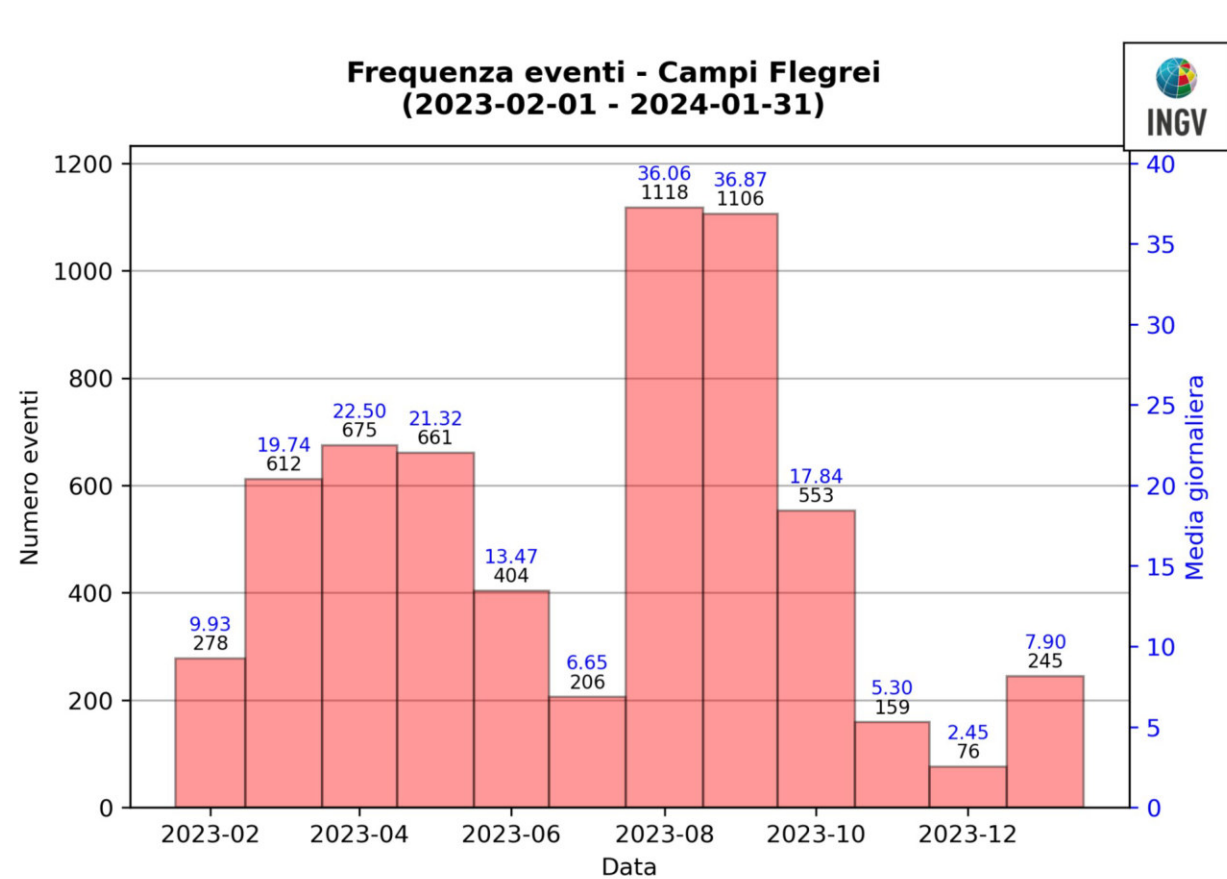
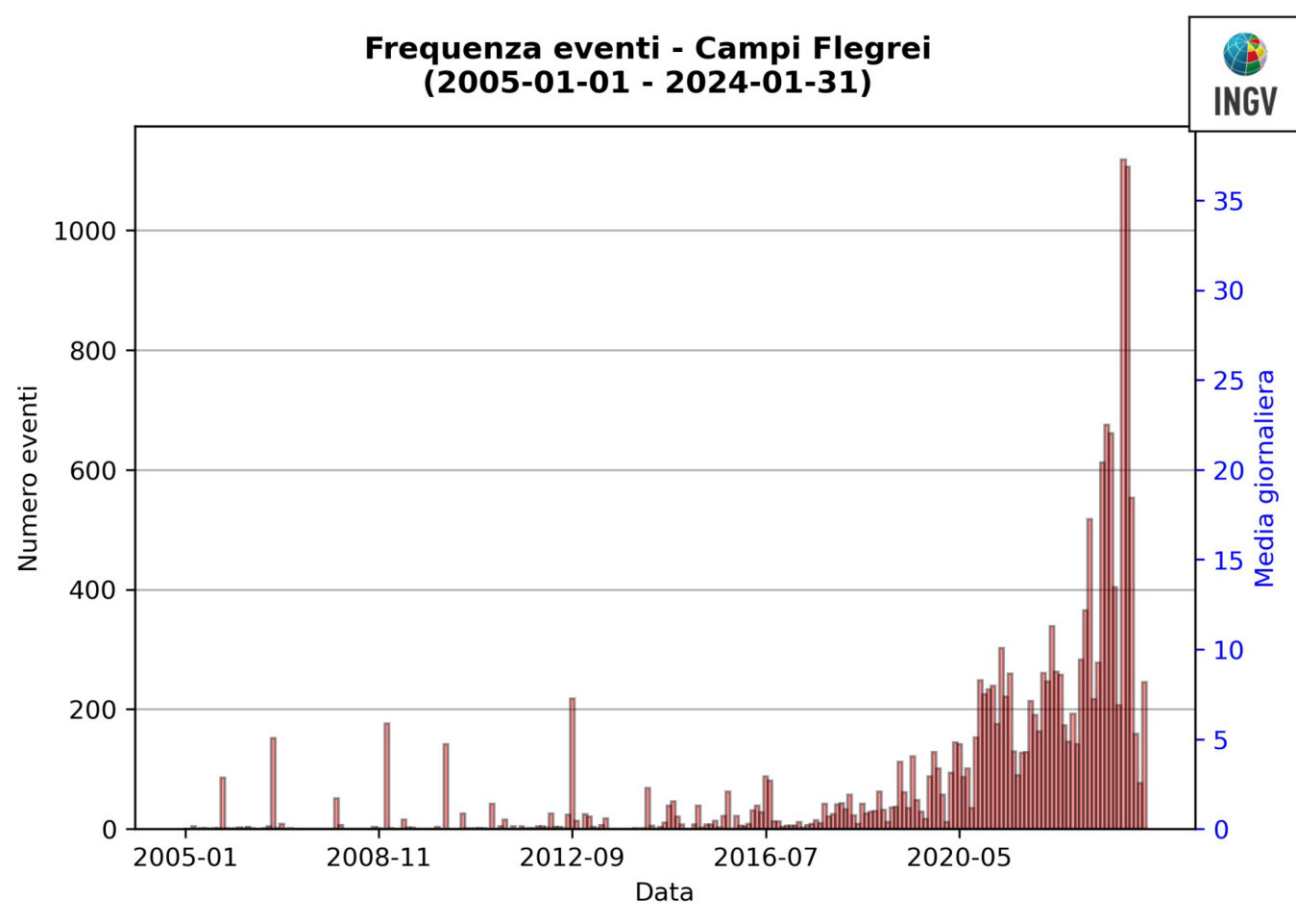


Mappa del rischio vulcanico dei Campi Flegrei



Mappa delle stazioni di monitoraggio dei Campi Flegrei - INGV

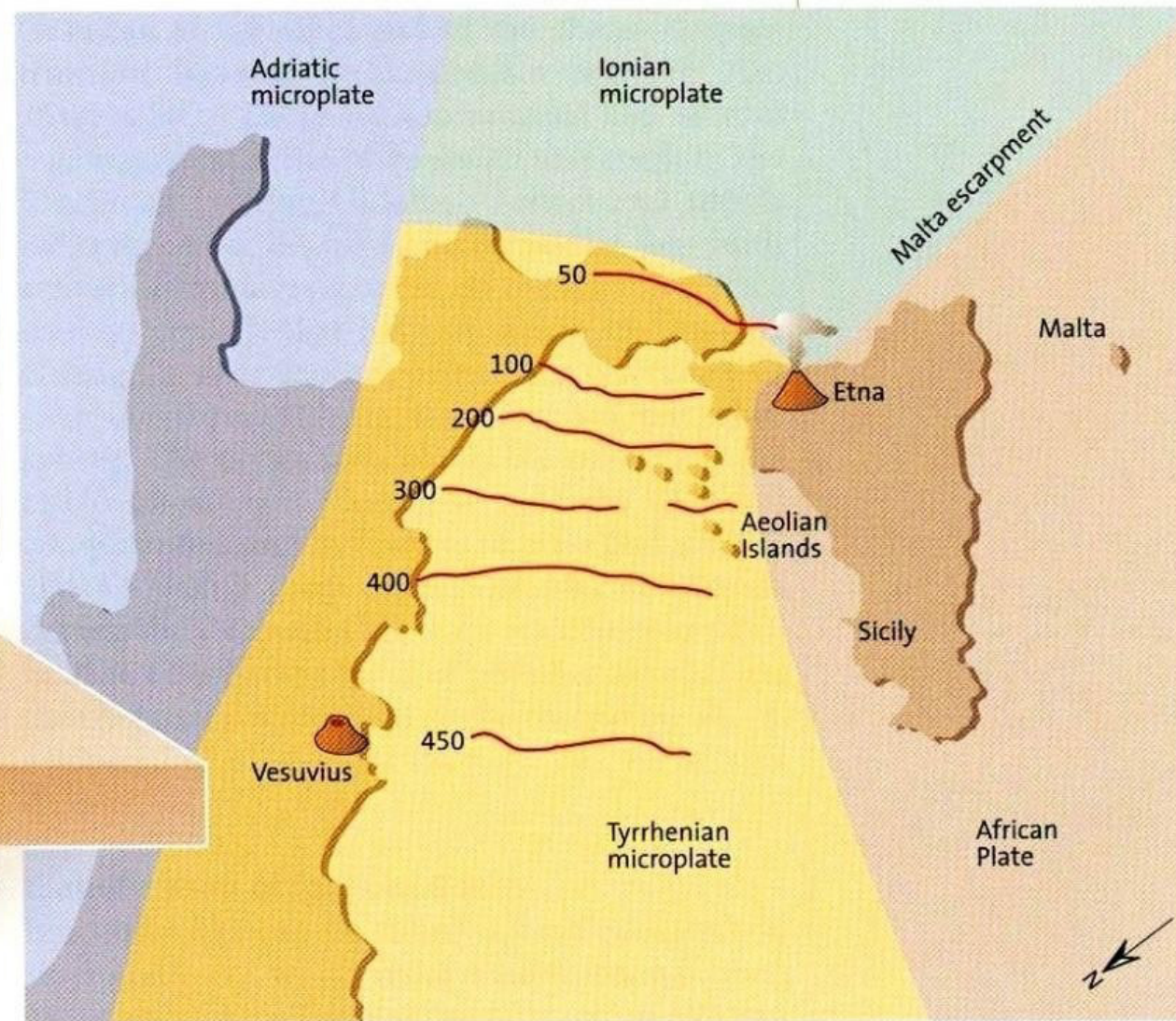
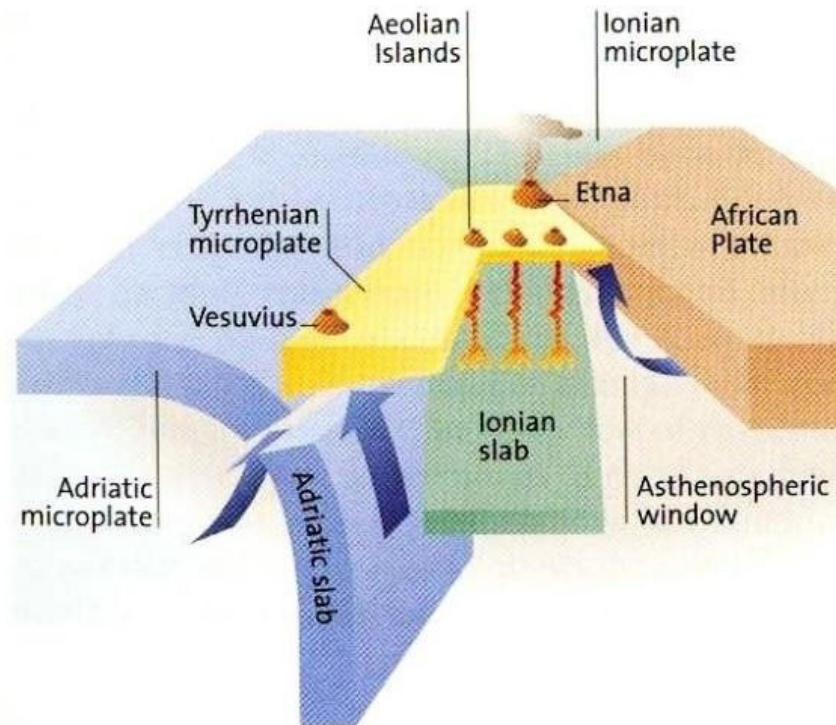




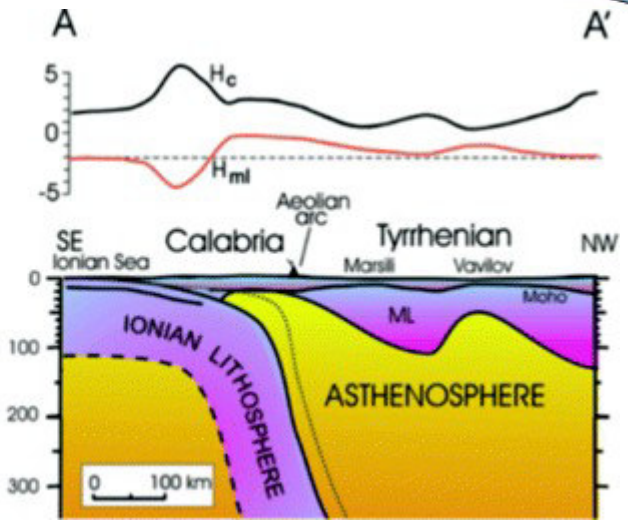
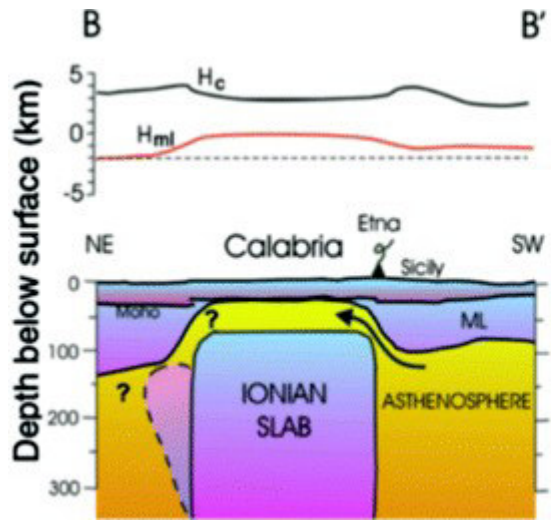
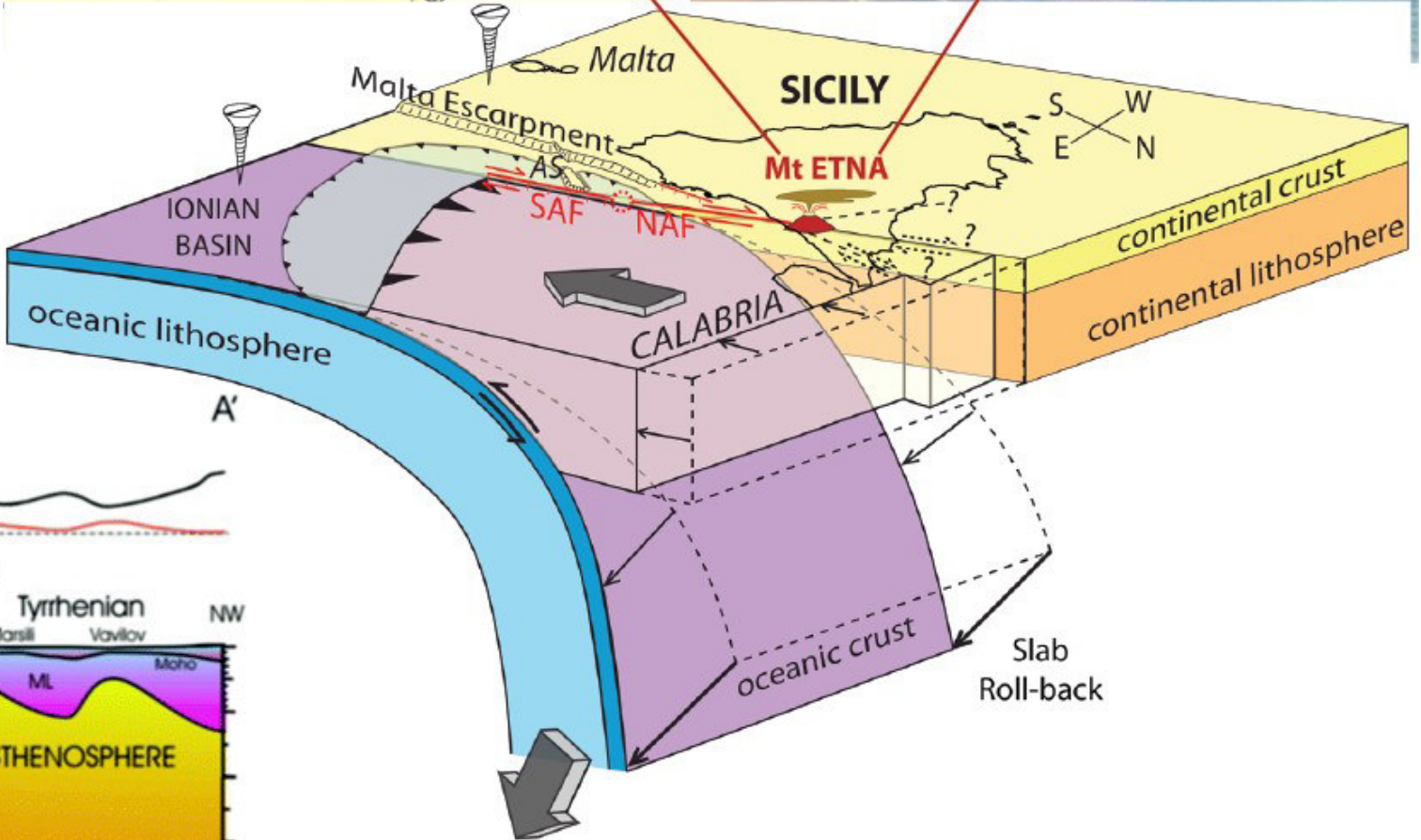
Eventi sismici degli ultimi anni e degli ultimi 12 mesi nei Campi Flegrei. Immagini dal Bollettino mensile INGV – Osservatorio Vesuviano, Gennaio 2024.

L'ETNA

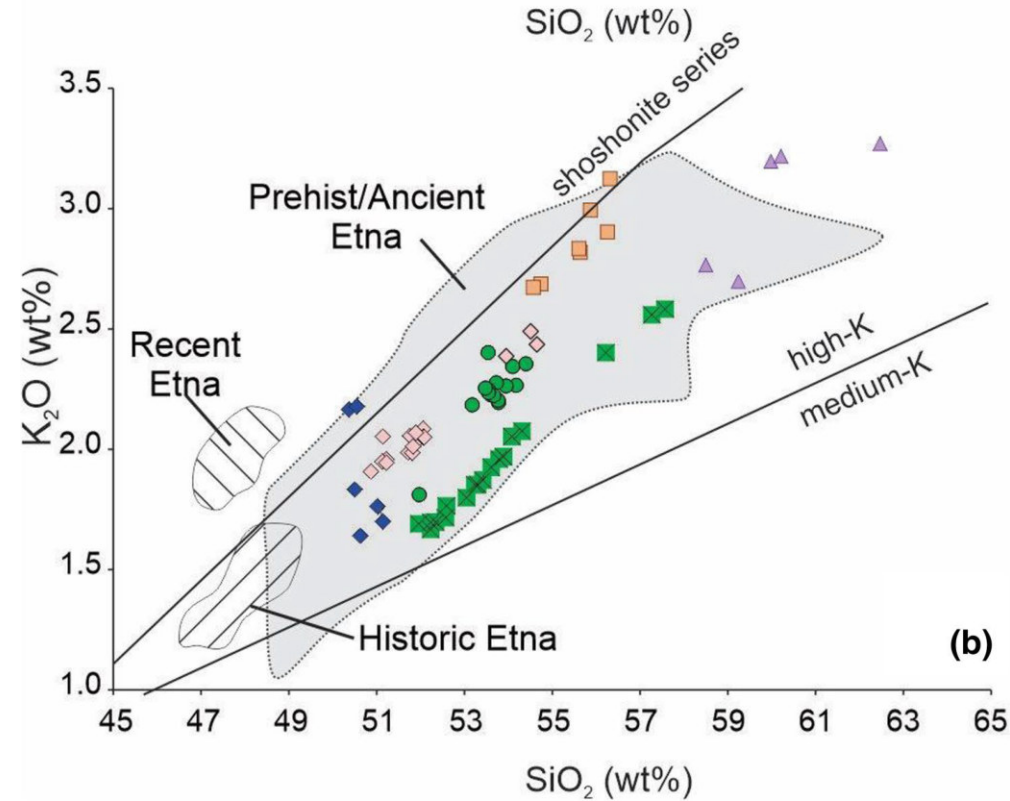
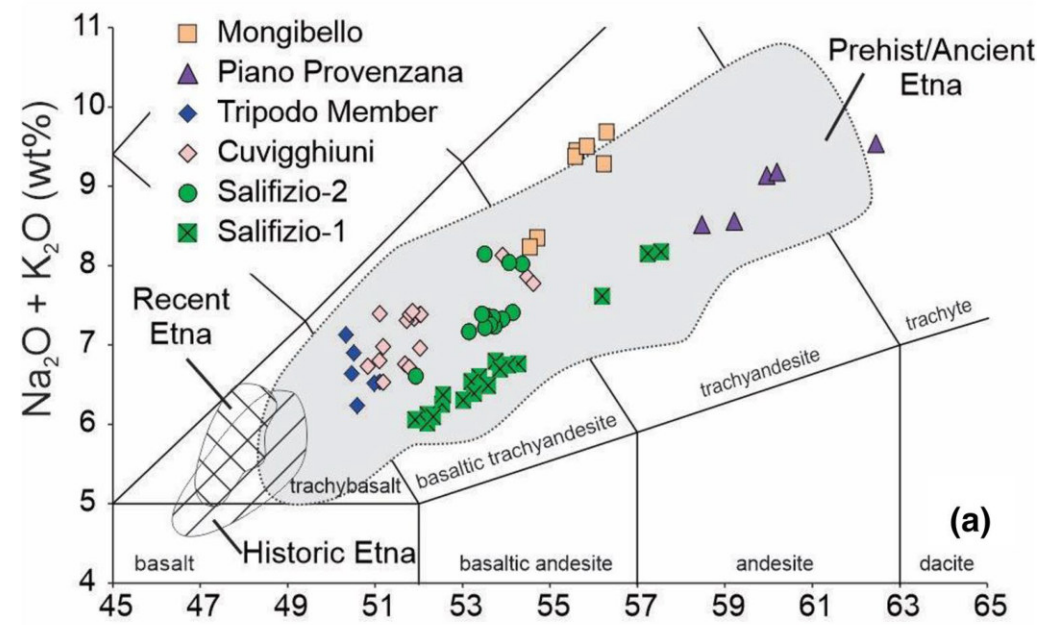
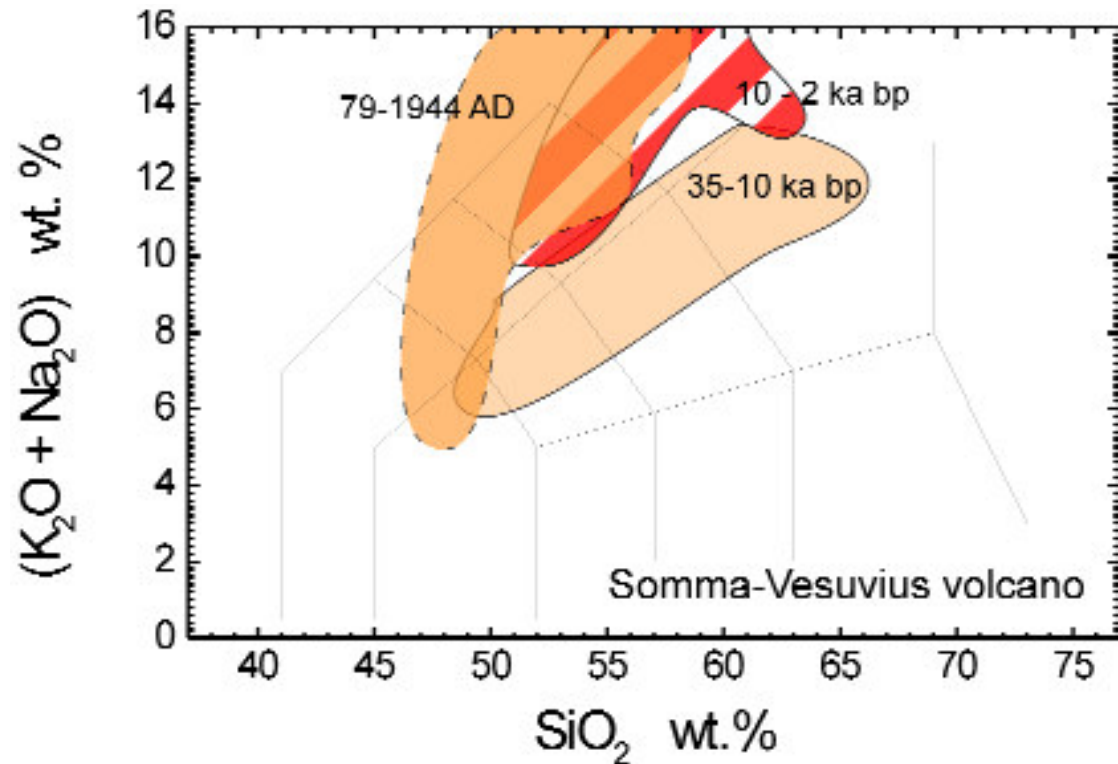
Diversamente dalla situazione geodinamica dei vulcani Appenninici, che si trovano intraplacca e in cui la subduzione della placca Adriatica è l'evento scatenante del magmatismo, l'Etna è un vulcano che si trova al limite della placca Africana con la placca Tirrenica al di sopra di una faglia trascorrente destra.



Nell'area, la crosta oceanica della placca Ionica va in subduzione al di sotto della Calabria, e per effetto della sua densità avviene un effetto di roll-back che costringe la risalita del mantello astenosferico che quindi fonde per effetto della decompressione.

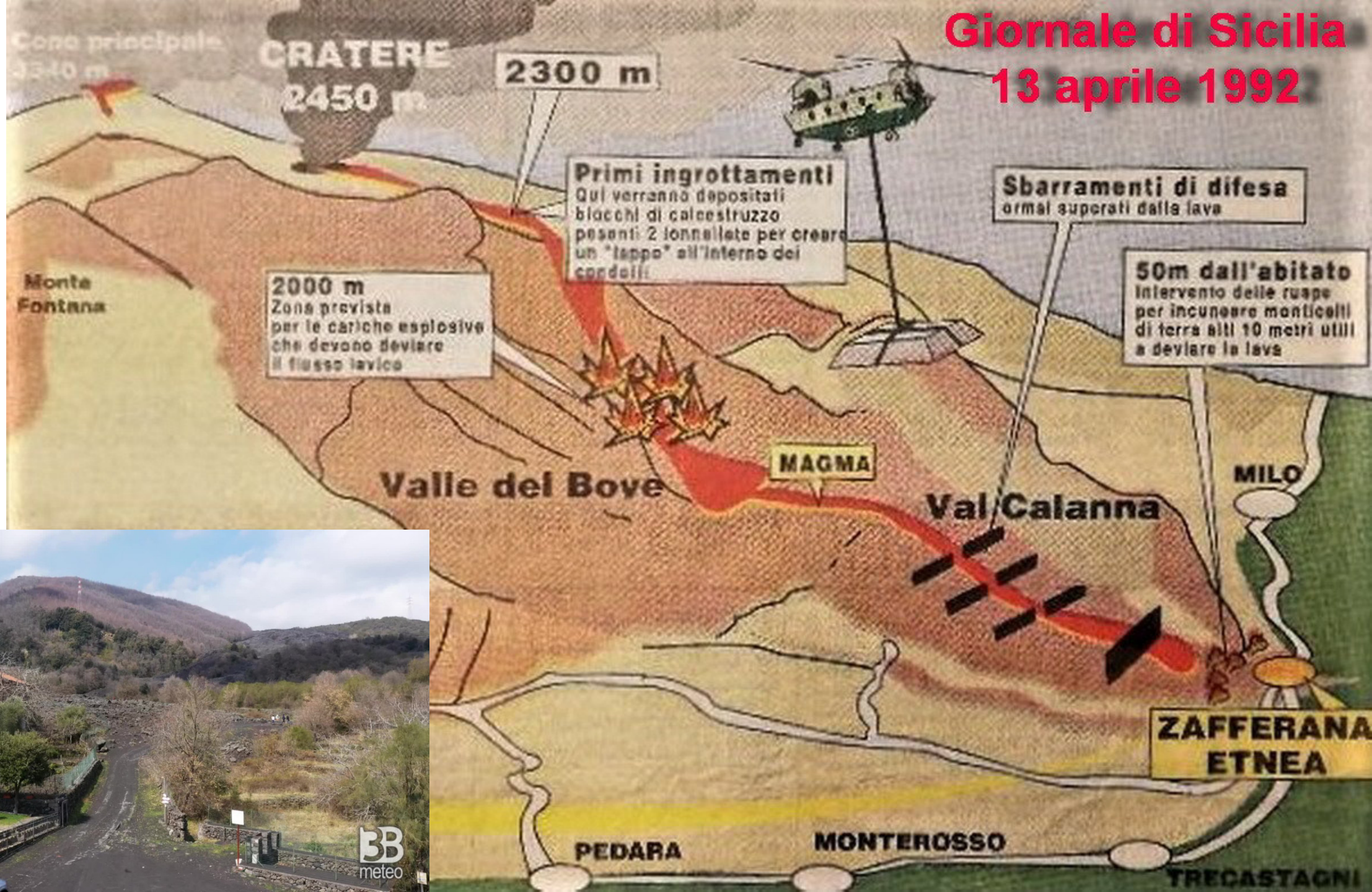


Diverse sorgenti portano ad un diverso chimismo dei magmi. In particolare, se osserviamo l'attività recente dell'Etna possiamo osservare magmi basici (basalti e trachibasalti) che, essendo poco viscosi, favoriscono rispetto al Vesuvio eruzioni meno esplosive.



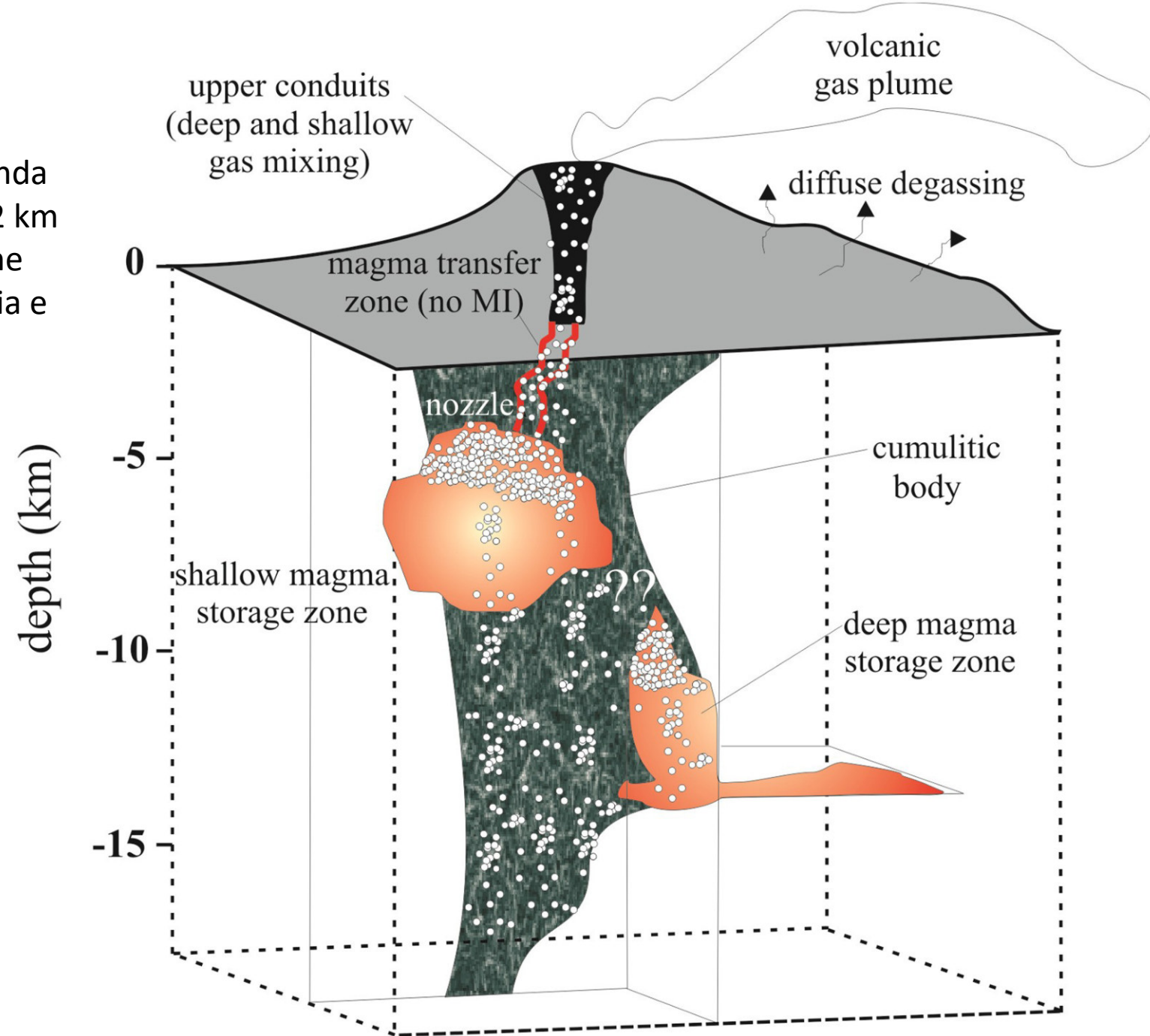
Eruzione del
1991-1993.
La lava si
fermò a pochi
metri da
Zafferana
Etnea.

Giornale di Sicilia
13 aprile 1992



Sistema magmatico dell'Etna:

Due camere magmatiche, una profonda (10-15 km) e una superficiale (circa 2 km sotto il livello del mare). Ricostruzione fatta attraverso terremoti, gravimetria e sondaggi geofisici.

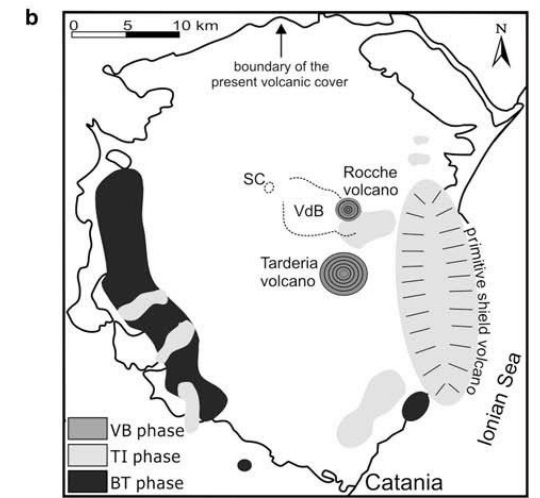
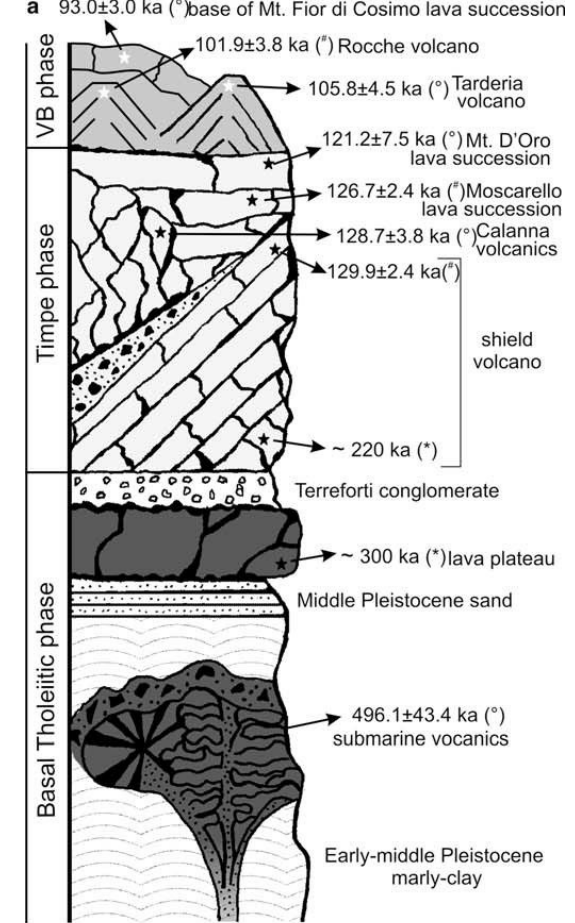


L'attività magmatica dell'Etna è iniziata circa 500ka fa, nel Pleistocene. Queste attività eruttive non erano localizzate esattamente sul vulcano attuale, ma spostate più verso il canale di Sicilia. Fino a 300ka fa l'attività dell'Etna è stata quella di un vulcano a scudo sottomarino. 300ka fa l'attività vulcanica si è spostata sulla terraferma, sempre con caratteristiche effusive e attraverso eruzioni fessurali ha dato origine a plateau basaltici e un vulcano a scudo.

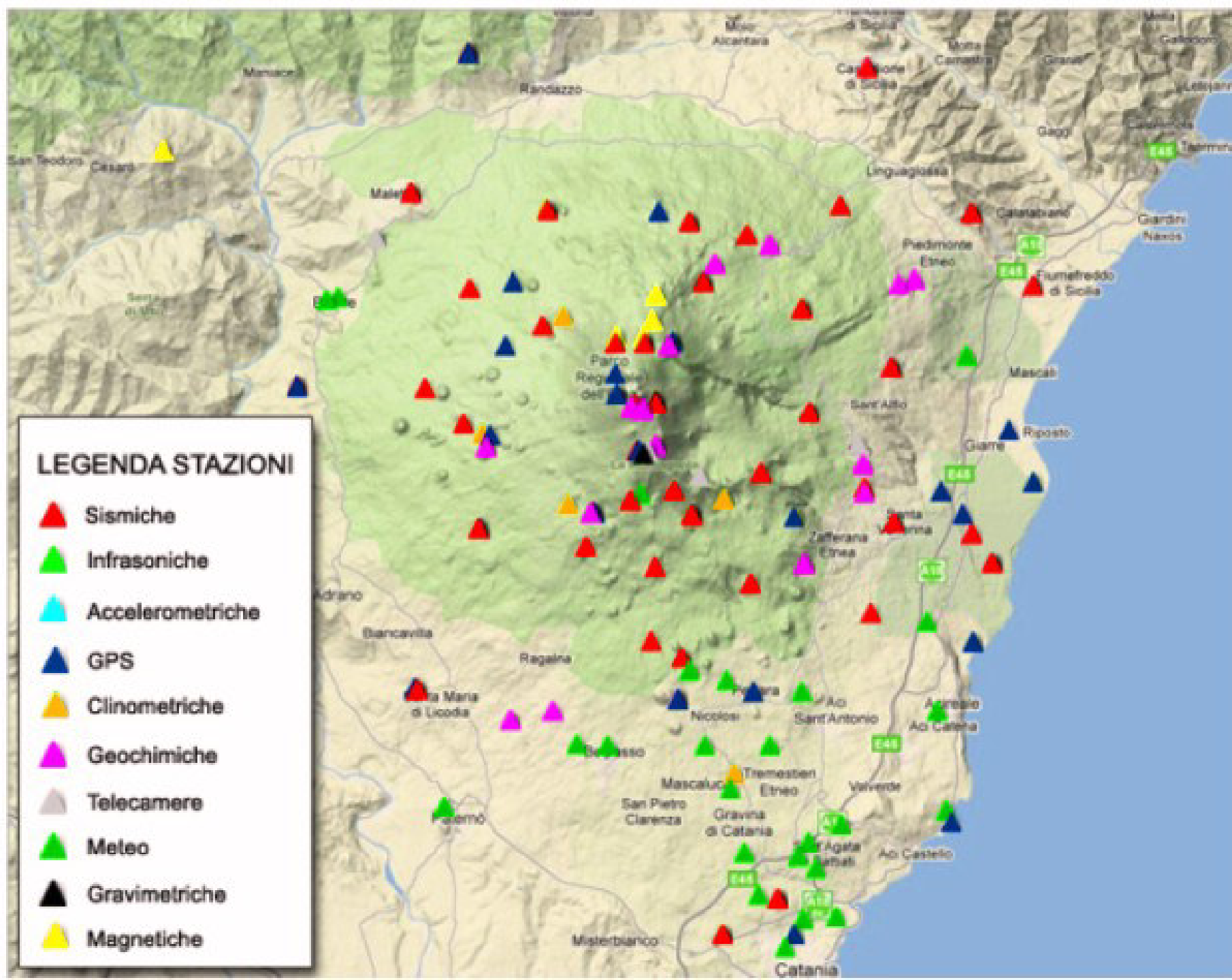
Circa 100ka fa il sistema d'alimentazione si è mosso ancora trasferendosi sotto quella che è oggi la Valle del Bove.

Dopo quest'ultima migrazione, l'attività magmatica ha incominciato ad essere più esplosiva, dando luogo alla formazione di diversi stratovulcani collassati nel tempo. L'attuale configurazione dell'Etna viene anche chiamata Mongibello e rappresenta la costruzione di un nuovo stratovulcano dopo l'ultimo collasso di caldera avvenuto circa 2000 anni fa.

L'attività attuale tipica dell'Etna è di tipo Stromboliano, ma in passato sono testimoniate eruzioni di tipo Pliniano.



Mappa delle
stazioni di
monitoraggio
dell'Etna –
Protezione
Civile



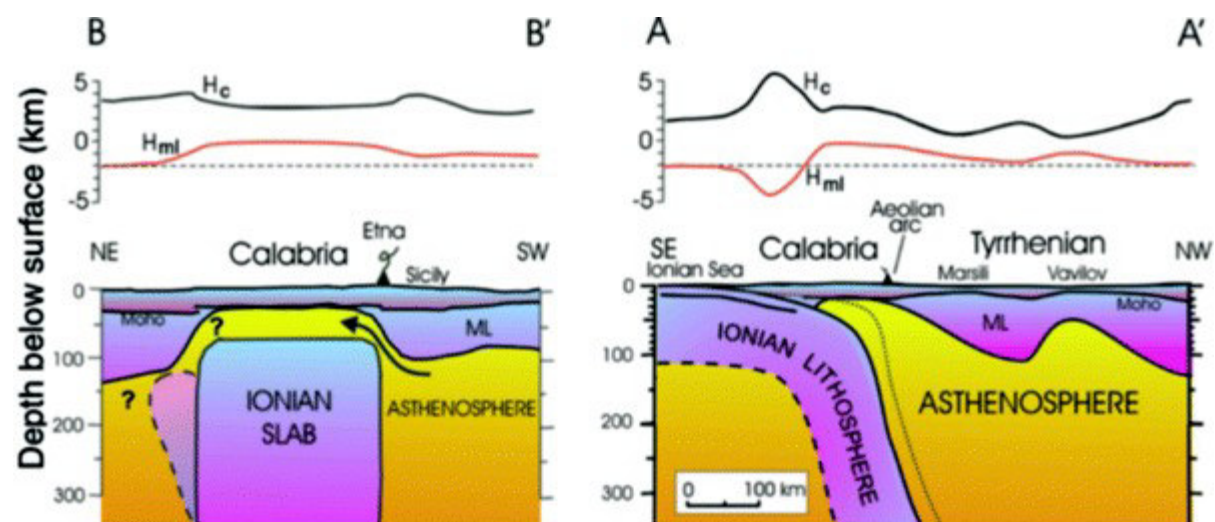
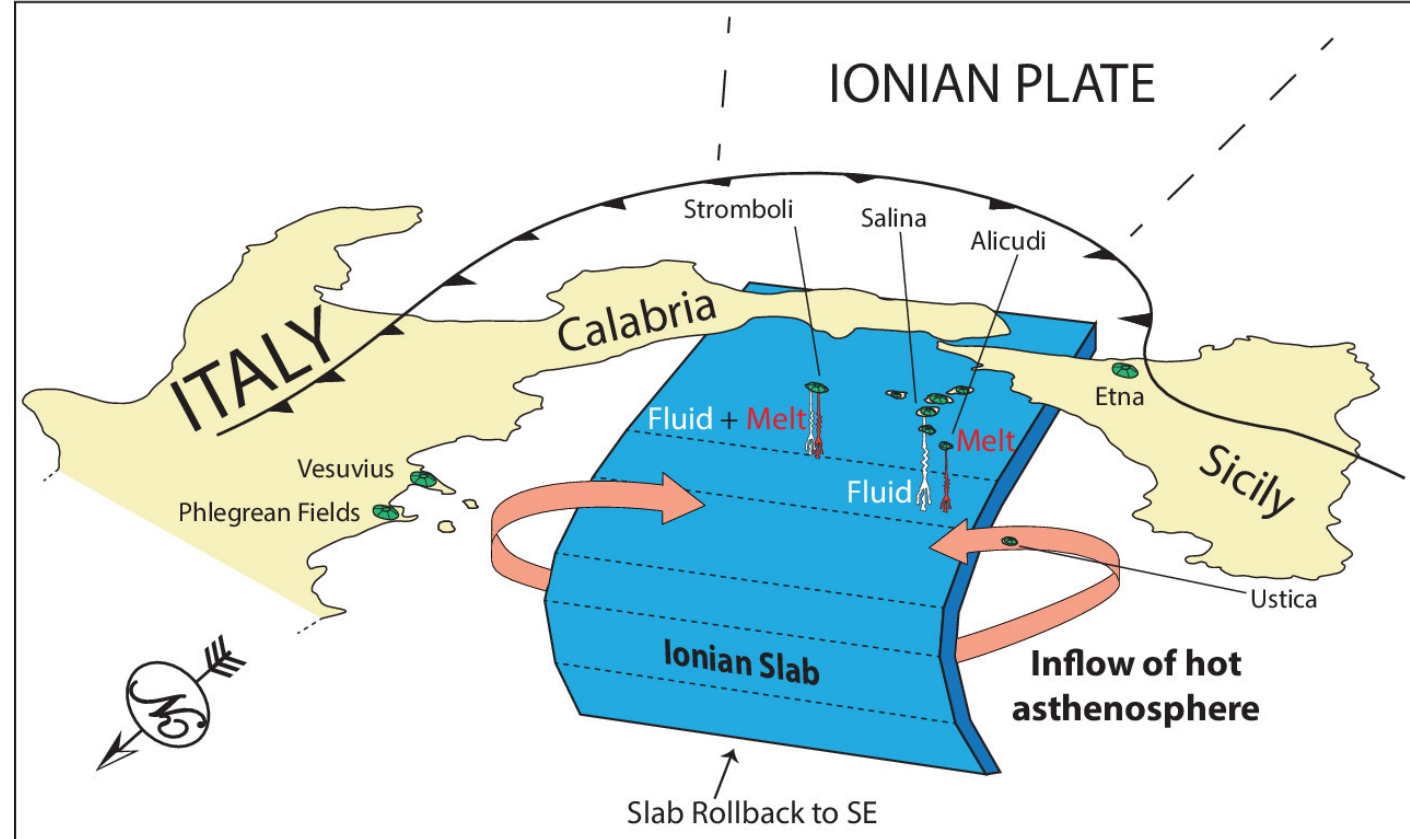
L'ARCO EOLIANO

L'arco Eoliano è formato da 7 isole emerse (Alicudi, Filicudi, Salina, Lipari, Vulcano, Panarea and Stromboli) e numerosi monti sottomarini che si trovano al bordo del bacino Masili. Queste rappresentano un piccolo arco magmatico legato alla subduzione della placca Ionica sotto la placca Calabro-Pleuritania, in una zona di assottigliamento della crosta nel reatroarco della subduzione.

Il magmatismo dell'area è iniziato 400ka fa, ma due eventi magmatici a Filicudi e nel seamount di Sisifo, hanno mostrato età più antiche di 1 Ma e 1.3 Ma.

La distribuzione delle strutture vulcaniche è fortemente controllata da andamenti tettonici "locali" che sono WNW-ESE (settore Alicudi-Filicudi), NNW-SSE (settore Salina-Lipari-Vulcano) e NE-SW (settore Panarea-Stromboli).

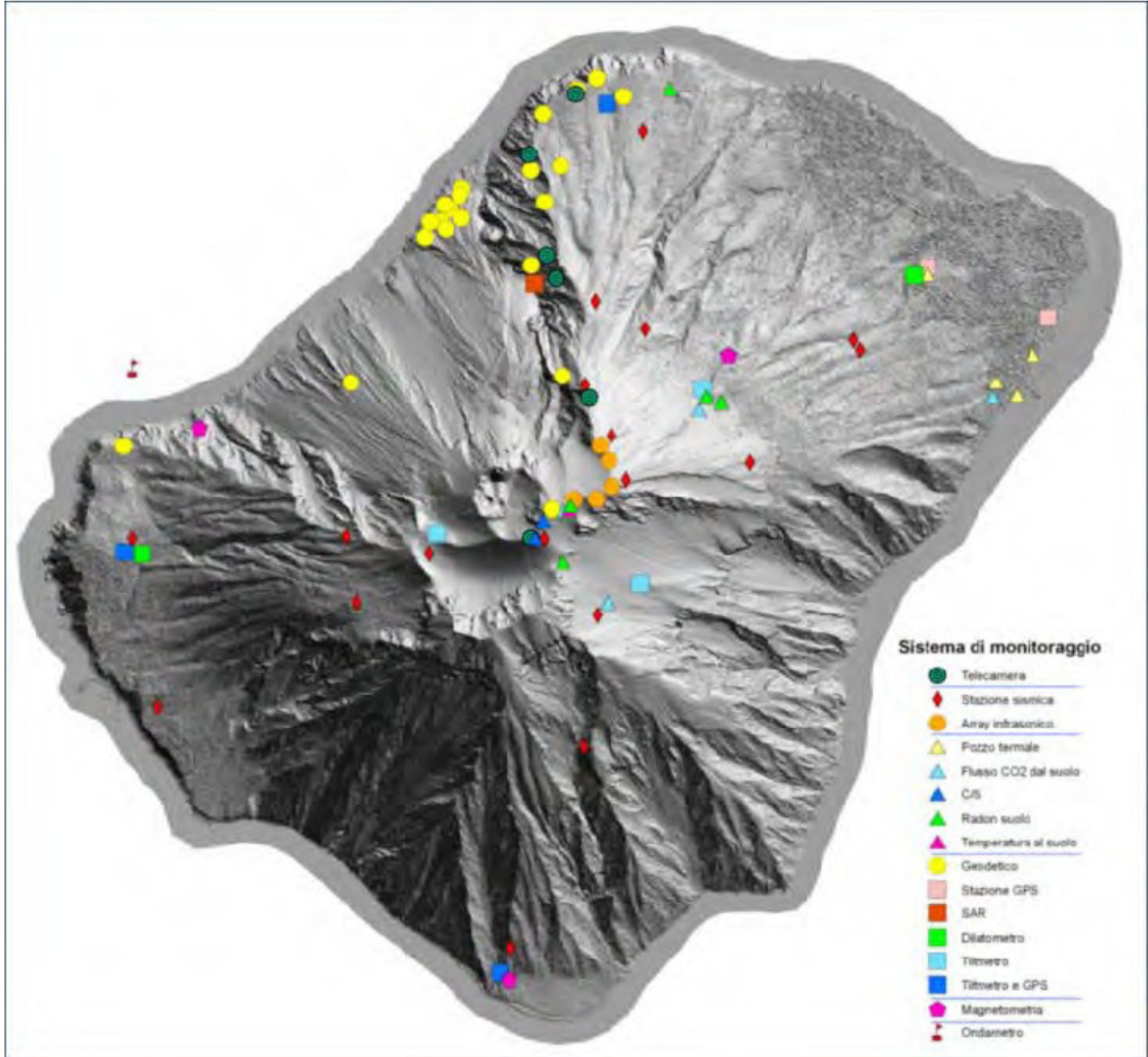
Il comportamento di questi diversi sistemi di faglia fa sì che nel settore Alicudi-Filicudi il vulcanismo sia del tutto estinto, mentre negli altri due presenti ancora processi vulcanici di vario tipo e intensità.



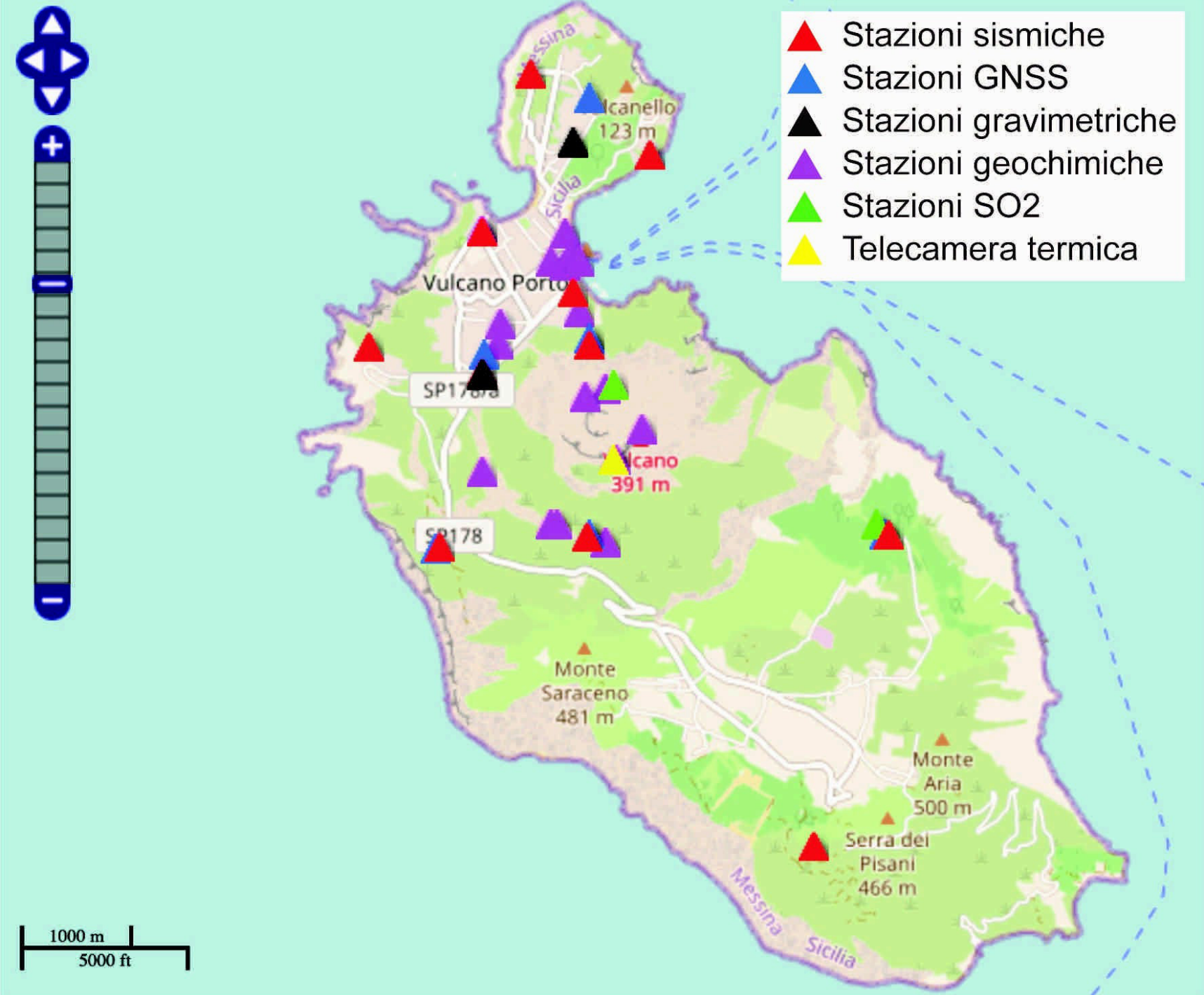
I vulcani ancora attivi fra le sette isole che costituiscono l'arcipelago sono: Stromboli, Panarea, Lipari e Vulcano. Lo stato di attività di ciascuno di questi vulcani è però piuttosto diversa e, per chiunque li osservasse, i fenomeni vulcanici che attualmente li caratterizzano ancor più diversi:

- Stromboli manifesta un'attività esplosiva, giornaliera, persistente che lo rende un vulcano unico al mondo. L'attività stromboliana, con un andamento noto e inconfondibile, si caratterizza per esplosioni intermittenti, di energia medio-bassa con intervalli che variano tipicamente da decine di secondi ad alcuni minuti;
- Vulcano è in persistente attività di degassamento sia dal campo fumarolico sul bordo Nord del cratere di La Fossa sia dal Porto di Levante, sin dalla sua ultima eruzione avvenuta nel 1888-90;
- Panarea, e in particolare l'area sottomarina circostante, continua ad avere emissioni discontinue di gas: l'ultima importante, nel 2002-2003;
- Lipari, la cui ultima eruzione risale al Medio Evo, presenta solo una modesta attività termale e di emissione di vapore acqueo e oggi preoccupa di più per la lieve attività di subsidenza (lento abbassamento del suolo) che caratterizza il suo settore meridionale o per alcuni fenomeni di dissesto lungo le sue coste.

Sistema di
monitoraggio
dell'isola di
Stromboli.



Sistema di
monitoraggio
dell'isola di
Vulcano.



Simulazione di una eruzione – giochi di ruolo

https://serc.carleton.edu/hawaiian_volcanoes/261744.html

<https://serc.carleton.edu/introgeo/roleplaying/examples/125523.html>

<https://serc.carleton.edu/sp/library/roleplaying/examples/slmtscen.html>

Guide per escursioni:

<https://www.geologicalfieldtripsandmaps.com/296/issue-36/active-volcanoes-in-southern-italy-etna-stromboli-vulcano-and-lipari-and-their-multi-hazard-iavcei-meeting-naples-2018.html>

<https://www.isprambiente.gov.it/it/pubblicazioni/periodici-tecnici/geological-field-trips/the-vesuvius-and-the-other-volcanoes-of-central-italy>





UNIMORE

UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI
MODENA E REGGIO EMILIA

Dipartimento di Scienze
Chimiche e Geologiche

GRAZIE PER L'ATTENZIONE!