



VIAGGIO FRA I VULCANI ATTIVI D'ITALIA

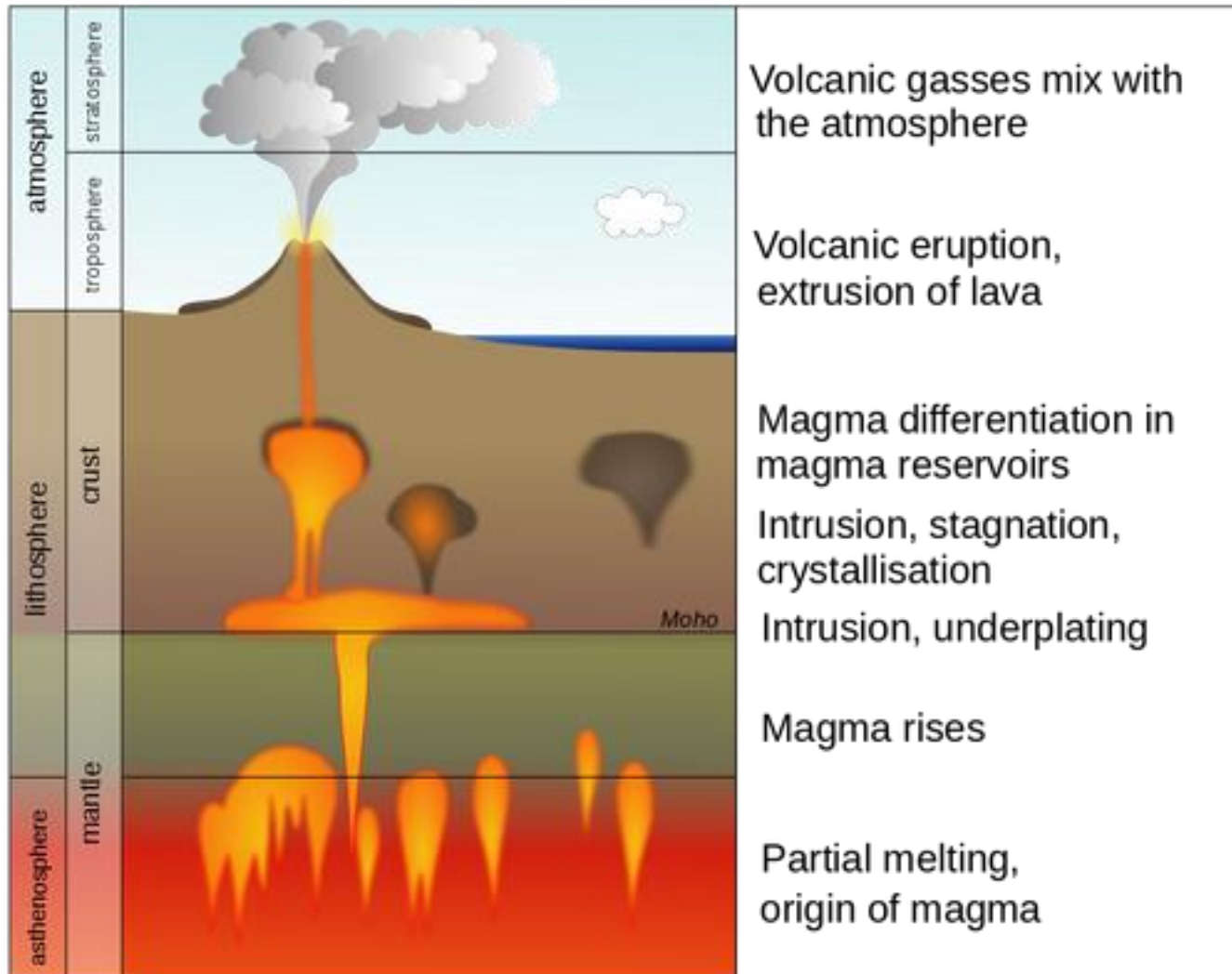
Francesca Forni



UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
DI MILANO

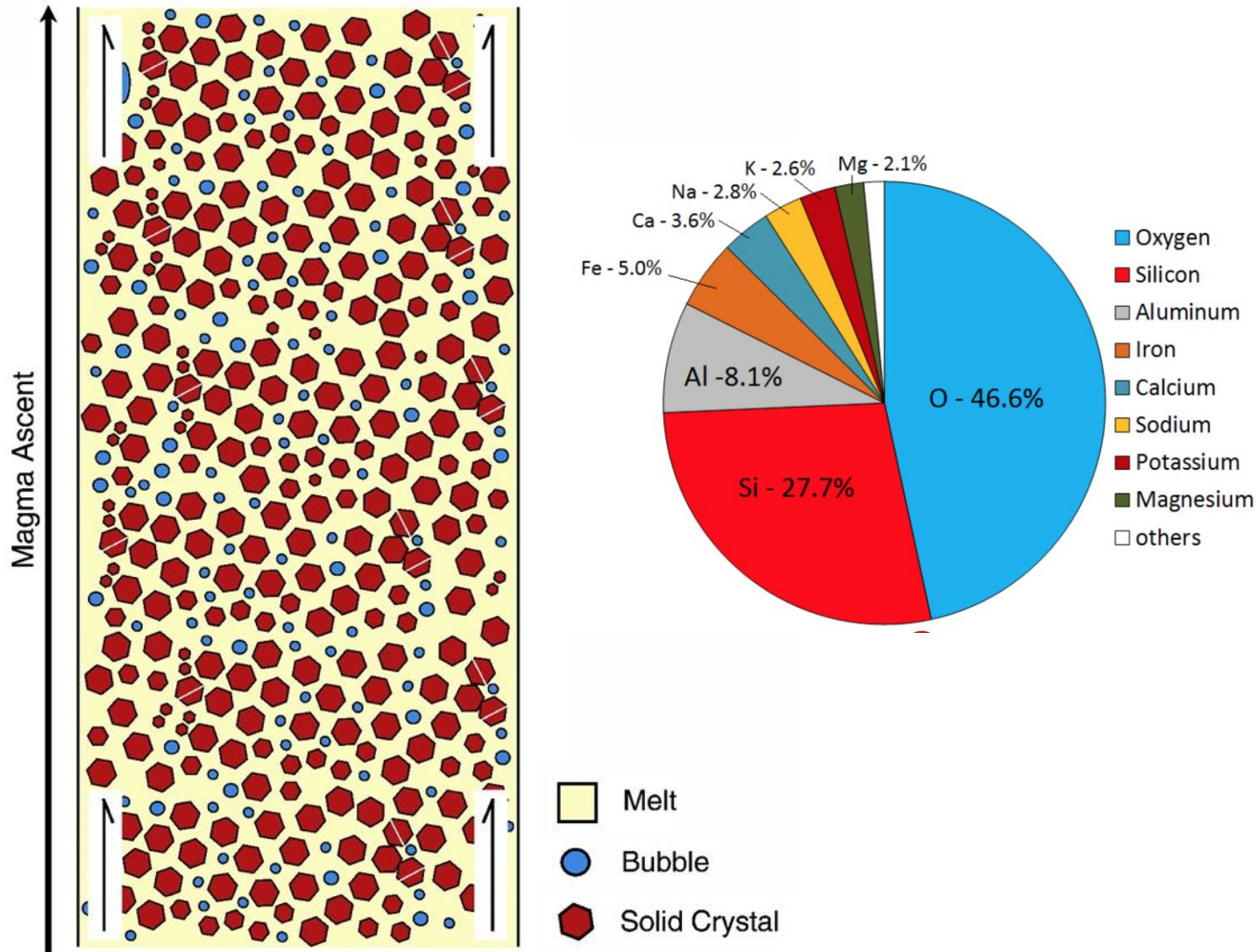
Stromboli

Cos'è un vulcano?



- Un **vulcano** è una spaccatura della superficie terrestre dalla quale viene emesso il magma
- Il **magma** viene generato per fusione parziale delle rocce nella porzione superiore del mantello
- Dopo la sua formazione, viene trasferito verso livelli progressivamente meno profondi fino a raggiungere la **superficie** in corrispondenza dei vulcani

Cos'è il magma?



Pistone et al., 2016

Una miscela:

- **multi-componente:** costituita da diversi elementi chimici (in prevalenza Si e O)
- **multifase:** comprende 1) una frazione liquida (roccia fusa), 2) una frazione solida (cristalli e frammenti di roccia), 3) una frazione gassosa (bolle di gas)

Tipologie di eruzioni

- **Eruzioni effusive:** sono caratterizzate dall'emissione di magma allo stato fluido (lava)

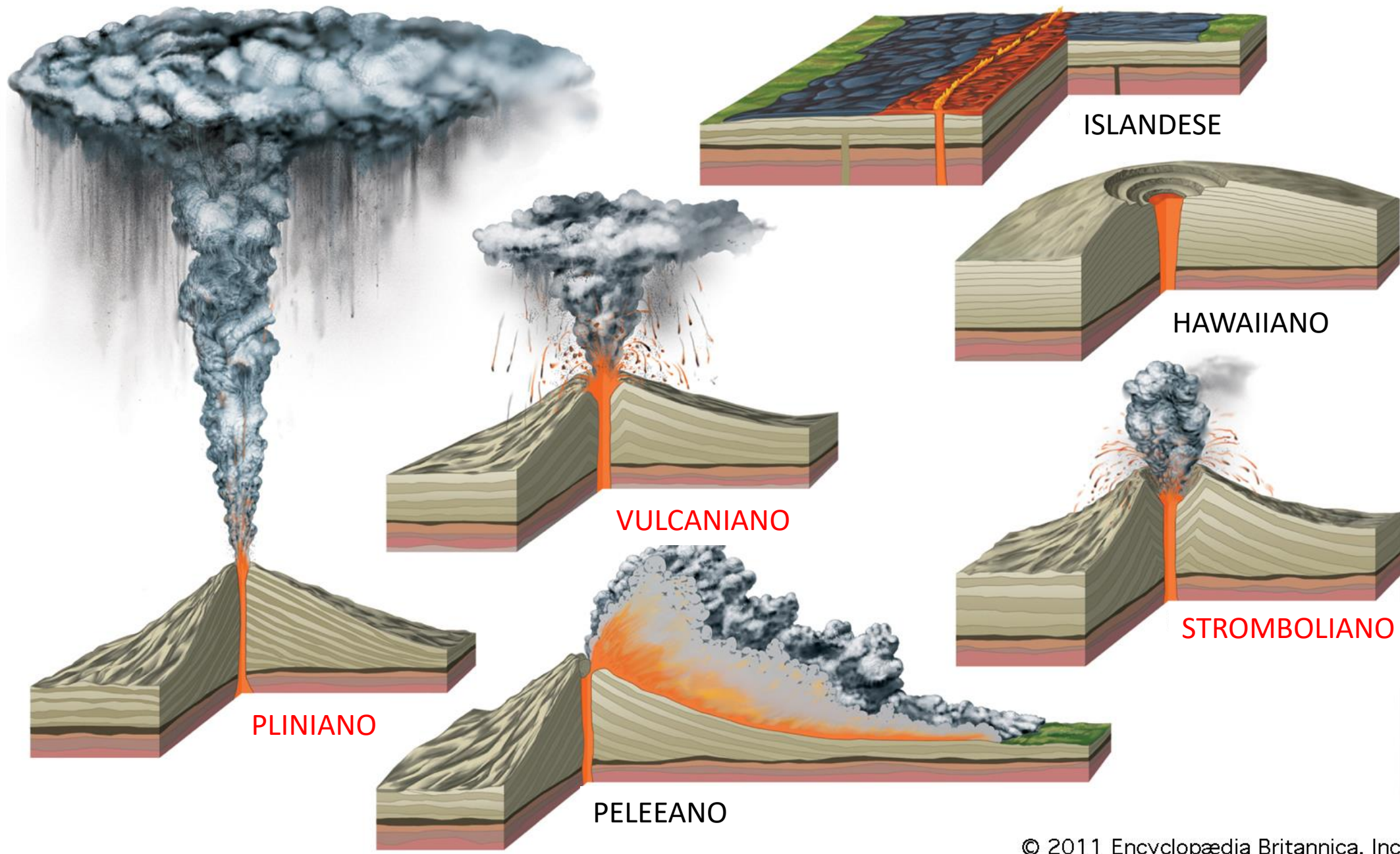


Etna

- **Eruzioni esplosive:** sono caratterizzate dall'emissione di frammenti di magma (piroclasti) e gas



Vesuvio, 1944



La forma dei vulcani



Mt. Fuji (Giappone)



Mauna Loa (Hawaii)



Lascar (Cile)



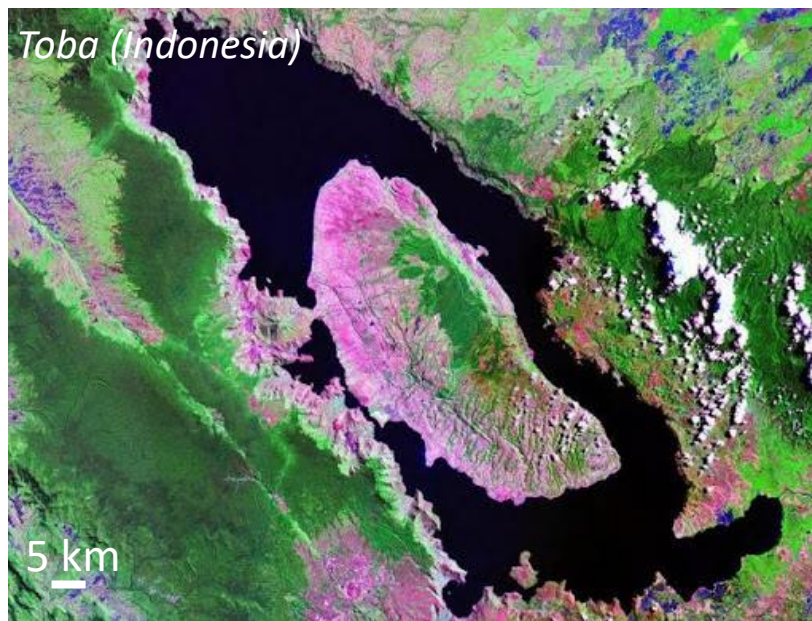
Mayon (Filippine)



Gemündener maar (Germania)



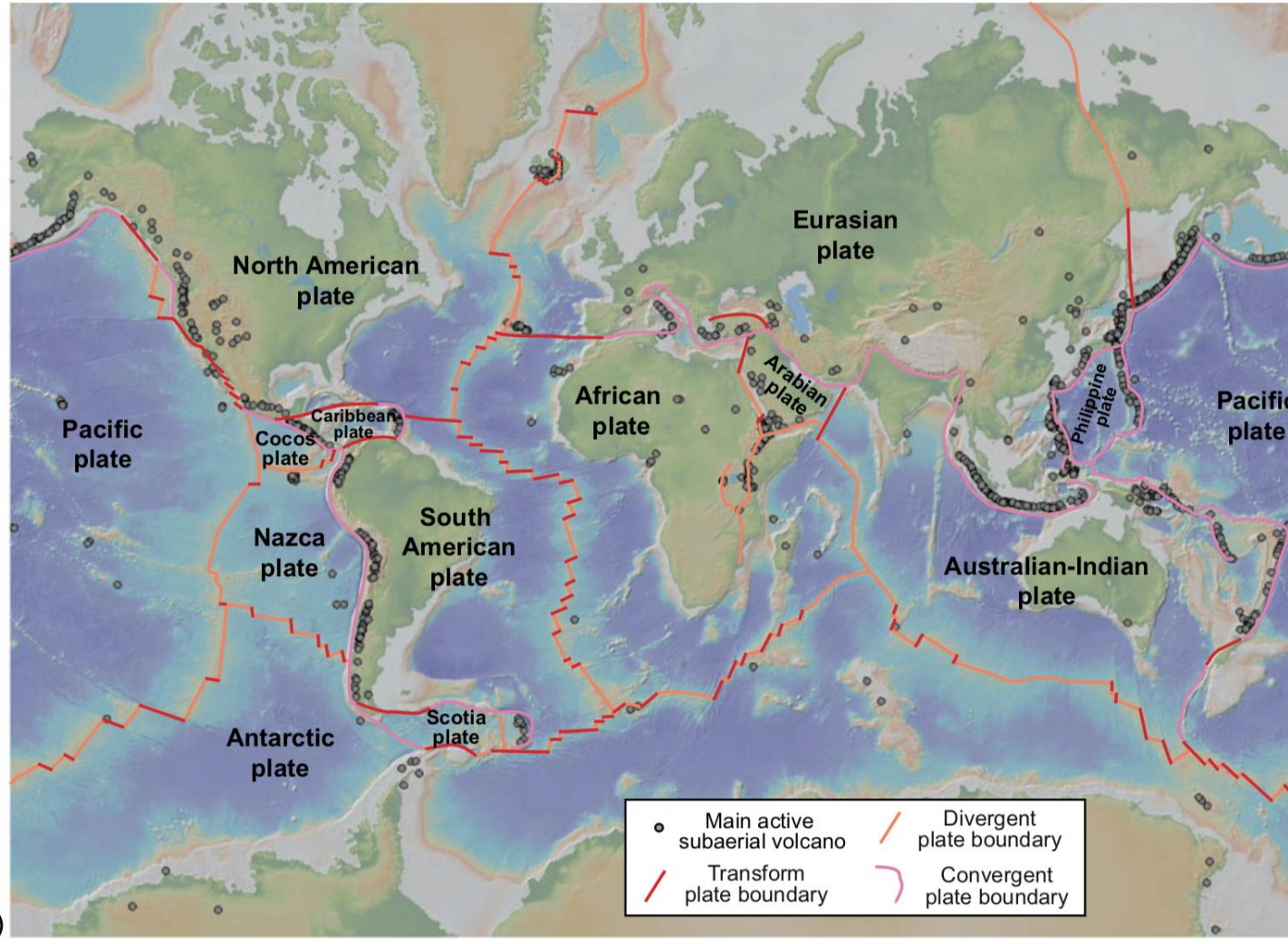
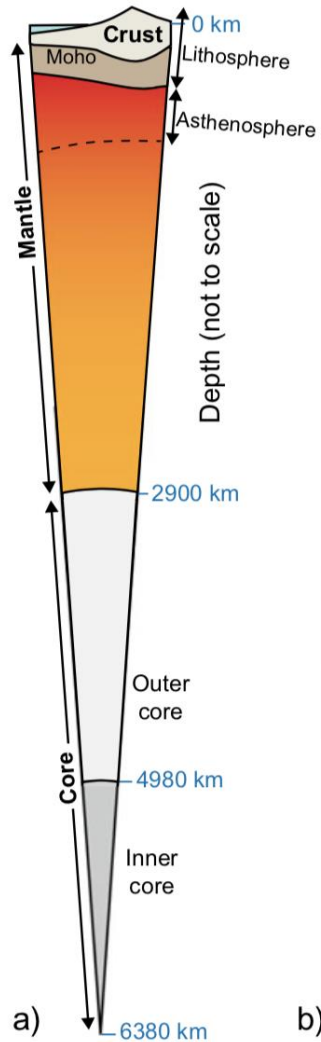
Toba (Indonesia)



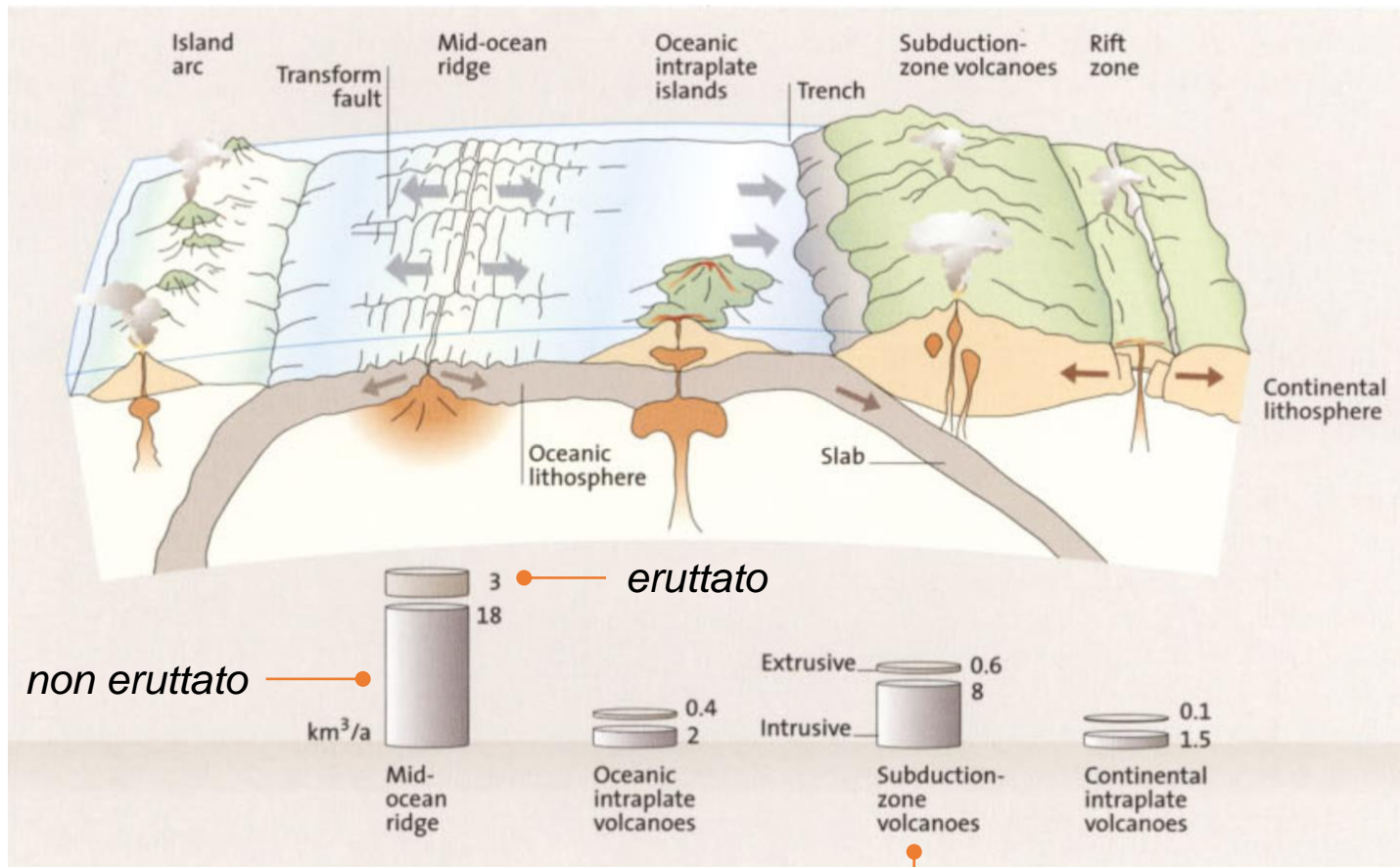
Mt. St. Helens (USA)



La distribuzione dei vulcani sulla Terra



- La **litosfera** consiste di ~16 grandi (e svariate piccole) placche «rigide» in movimento
- L'attività vulcanica recente (Terziario-Quaternario) si concentra prevalentemente lungo i **margini fra placche**

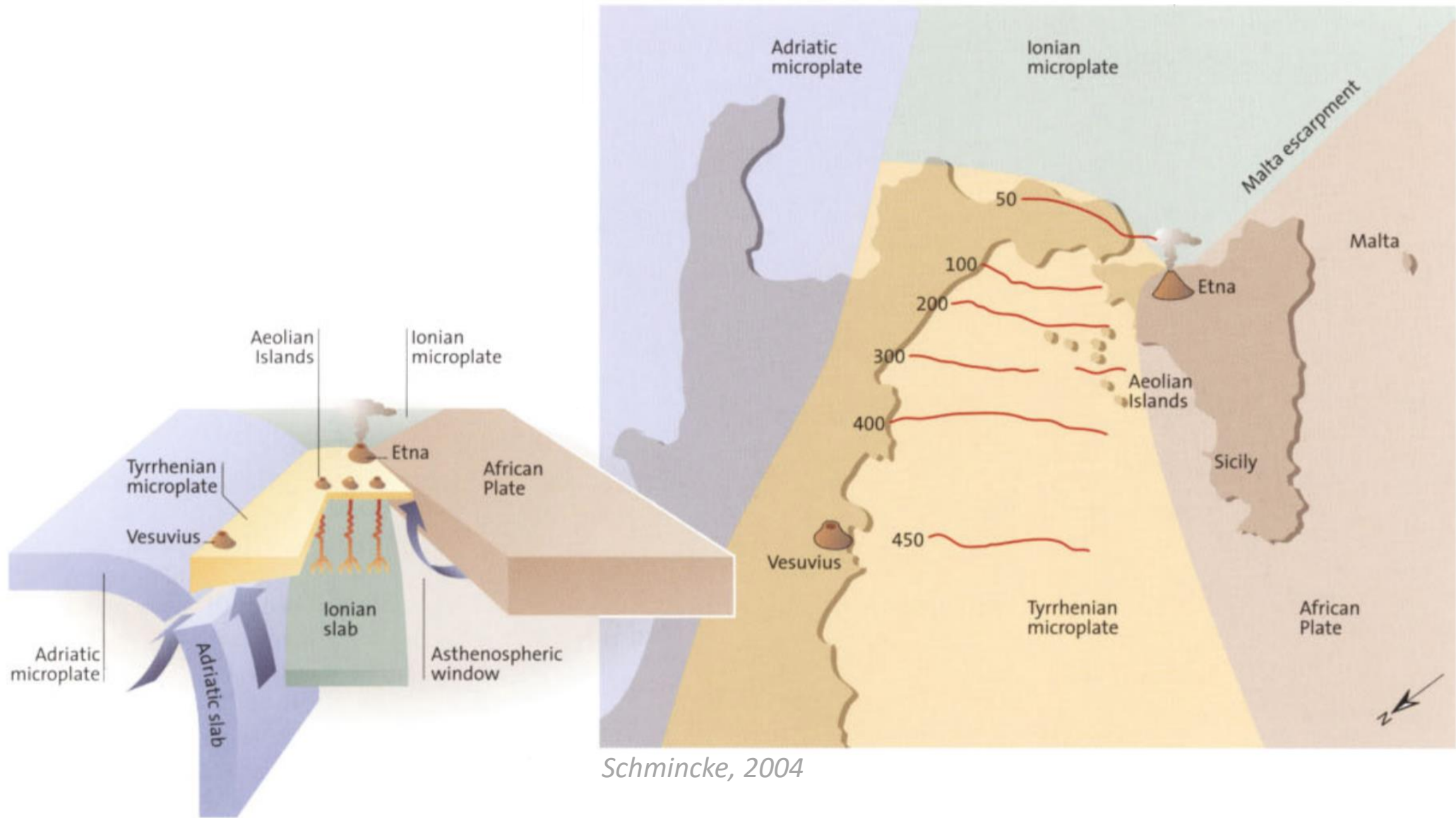


Schmincke, 2004

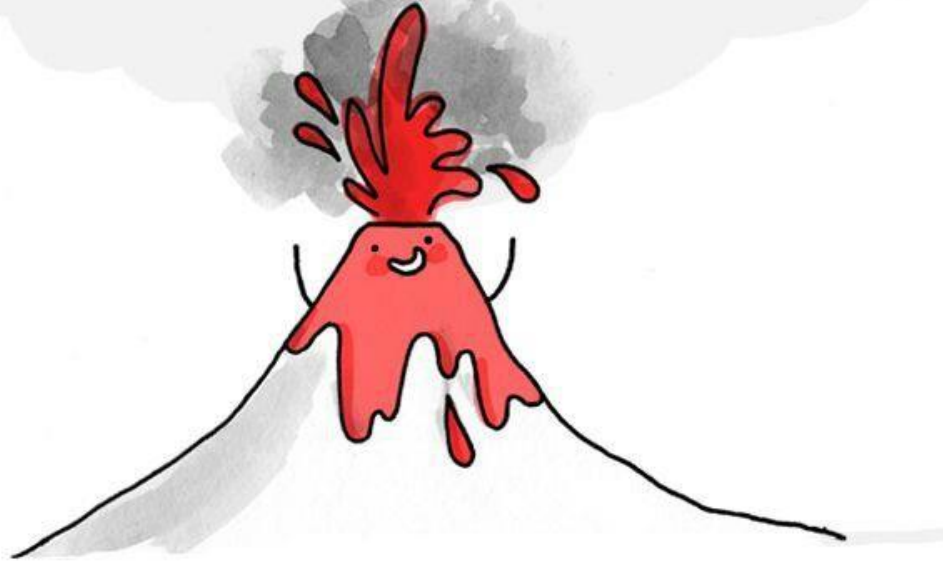
- **Margini divergenti oceanici (dorsali medio-oceaniche):** sono caratterizzati dalle più elevati tassi di eruzione ($\sim 3 \text{ km}^3 \text{ magma/anno}$)
- **Margini convergenti (zone di subduzione):** tassi di eruzione inferiori ($\sim 0.6 \text{ km}^3 \text{ magma/anno}$) ma ospitano circa l'80% delle eruzioni documentate in epoca storica

Apporto di magma (km^3/anno), di questi solo una parte viene eruttato (**globalmente $\sim 4 \text{ km}^3/\text{anno}$**)

In Italia...



Schmincke, 2004



ACTIVE VOLCANO



INACTIVE VOLCANO

Cos'è un vulcano attivo?

Secondo la definizione del [Global Volcanism Program](#) si definisce:

- **attivo** un vulcano che ha avuto almeno un'eruzione negli ultimi 10,000 anni (se ne conoscono 869 ma se ne stimano ~1420)
- **quiescente** un vulcano attivo che non è attualmente in eruzione ma potrebbe riattivarsi in futuro
- **estinto** un vulcano che non ha avuto un'eruzione negli ultimi 10,000 anni e che non ci si aspetta possa ritornare attivo



NACHELLE HOMESTAY

Una corretta valutazione dello stato di attività di un vulcano può essere compromessa da:

- mancanza di **fonti** che riportino testimonianza dell'attività del vulcano in epoca storica
- mancanza di dati geologici necessari a ricostruire la **storia eruttiva** dei vulcani in epoca non storica

*Il vulcano Sinabung (Sumatra, Indonesia) è entrato in eruzione nell'agosto del 2010 dopo un periodo di quiescenza di almeno 400 anni cogliendo tutti **impreparati** perché non si conosceva nulla riguardo le caratteristiche del vulcano*

Sinabung (Indonesia)

Vulcani attivi in Italia



1. Vesuvio
2. Campi Flegrei
3. Ischia
4. Stromboli
5. Lipari
6. Vulcano
7. Etna
8. Pantelleria
9. *Isola Ferdinandea/Banco Graham – 8 m sotto il livello del mare*
10. *Colli Albani – incertezza sulla sua ultima eruzione*
11. *Seamount Marsili*

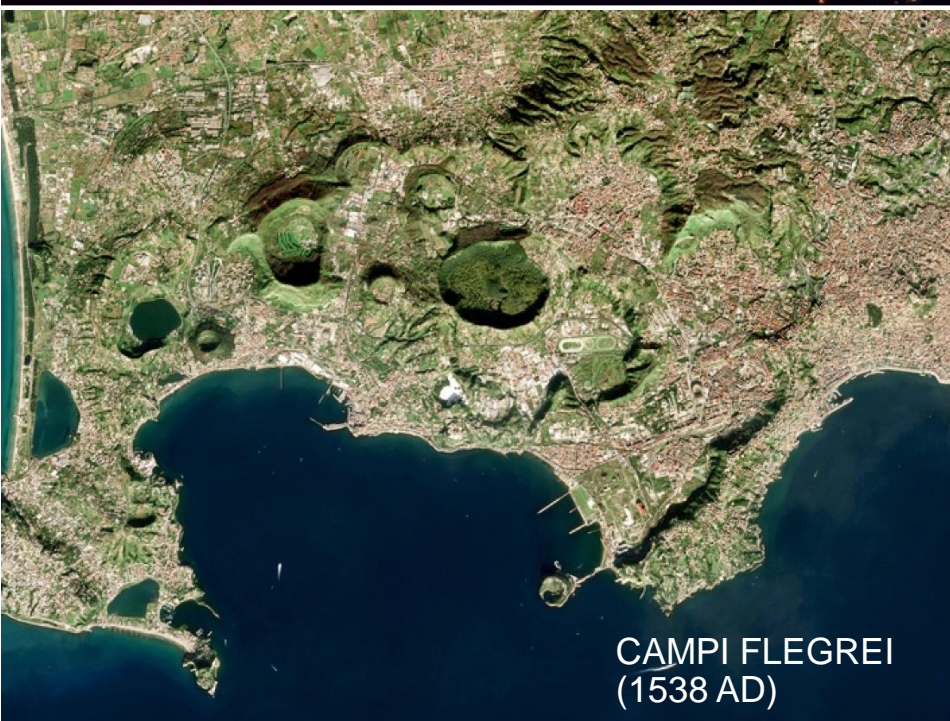
Monitorati
da INGV



ETNA
(semi-persistente)



STROMBOLI
(persistente)



CAMPI FLEGREI
(1538 AD)

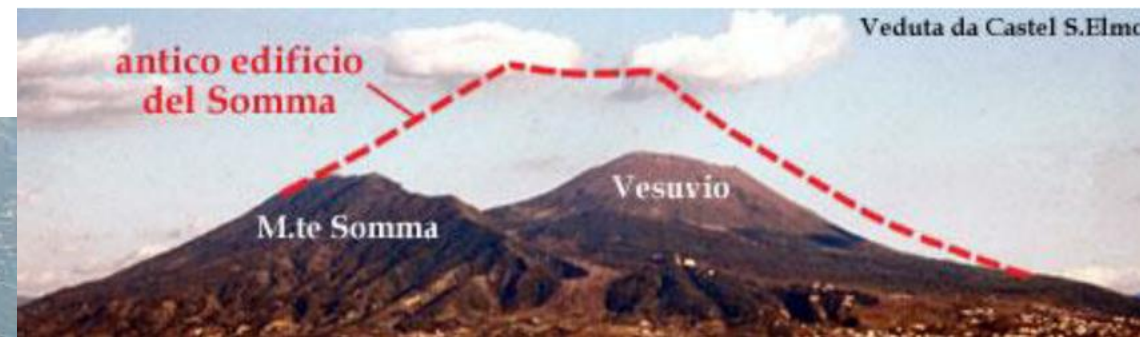


VESUVIO
(1944 AD)

Vesuvio



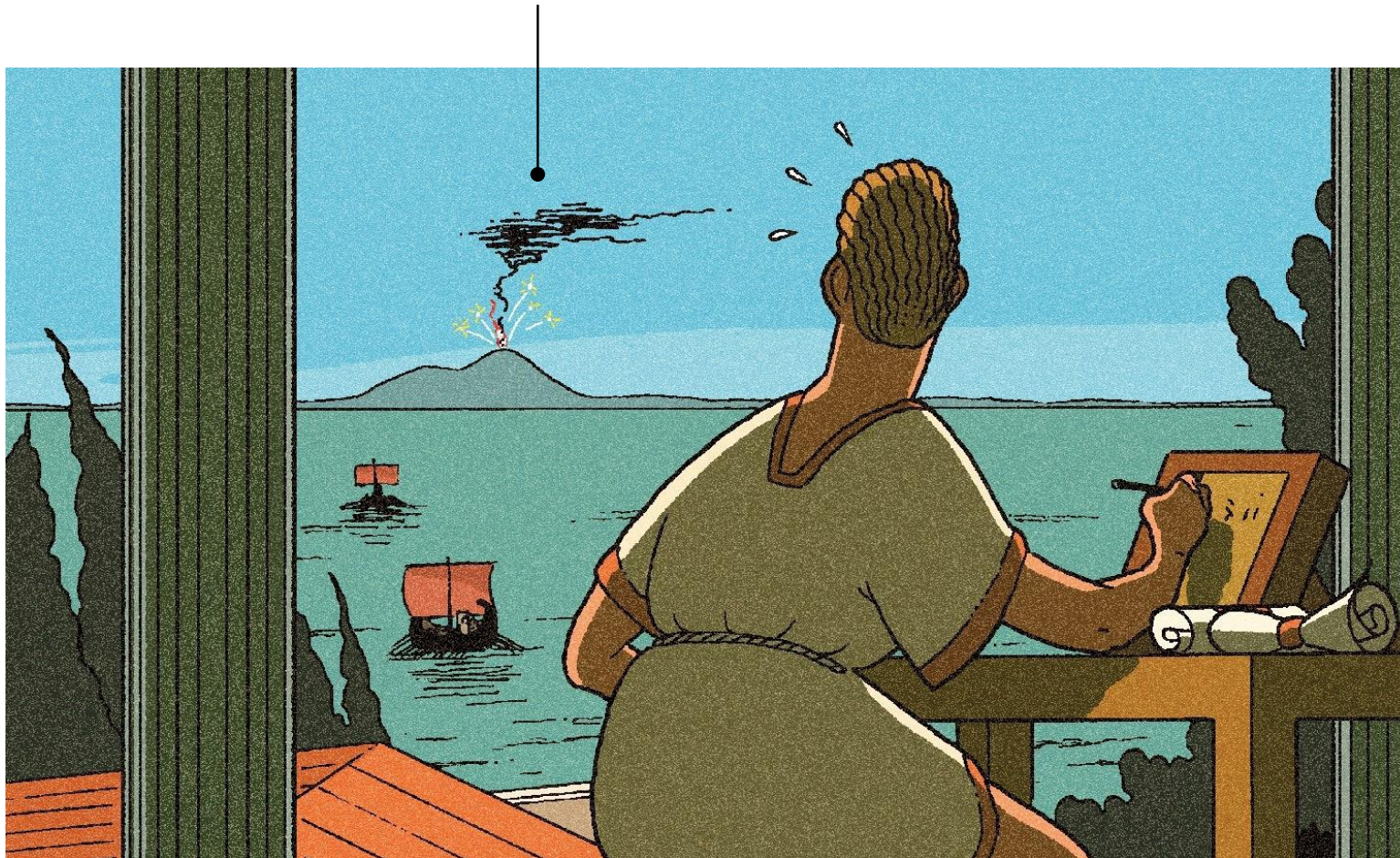
Veduta aerea del cono del Vesuvio e del margine della caldera del Mt. Somma



Veduta aerea del cono del Vesuvio e del margine della caldera del Mt. Somma

Eruzione del 79 A.D.

«... Si elevava una nube, ma chi guardava da lontano **non riusciva a precisare da quale montagna provenisse** [si seppe poi che era il Vesuvio]: nessun'altra pianta meglio del **pino** ne potrebbe riprodurre la forma. Infatti slanciatosi in su in modo da suggerire l'idea di un altissimo tronco, si apriva in diversi rami...» Plinio, Il Giovane

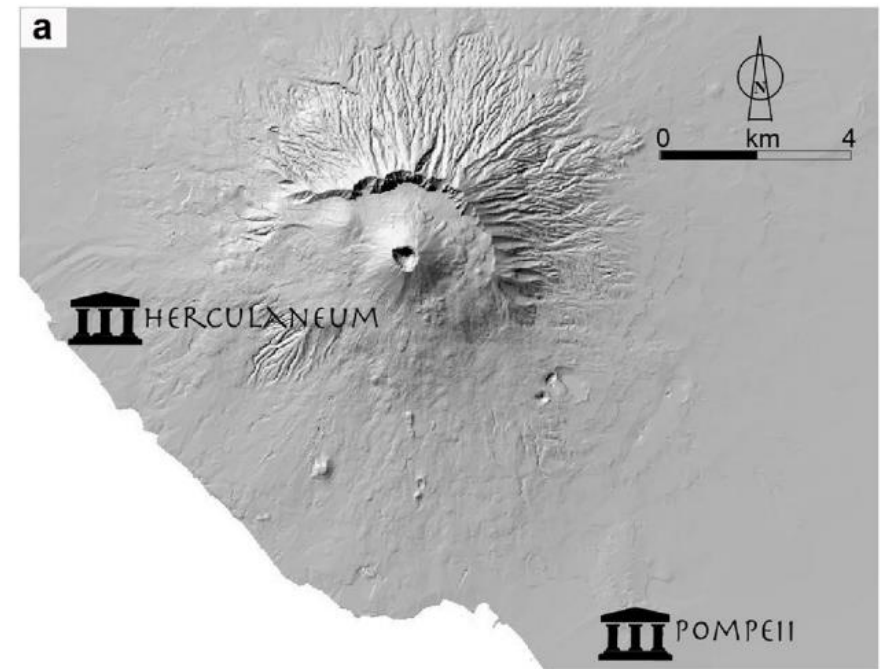


- Plinio Il Giovane (62-113 A.D.) fornisce una prima descrizione dell'eruzione del **Vesuvio del 79 A.D.** mentre si trova a Miseno
- Lo stile eruttivo caratterizzato dallo sviluppo di una colonna eruttiva, definita da Plinio a «forma di pino marittimo» verrà poi definito in vulcanologia «**Pliniano**»

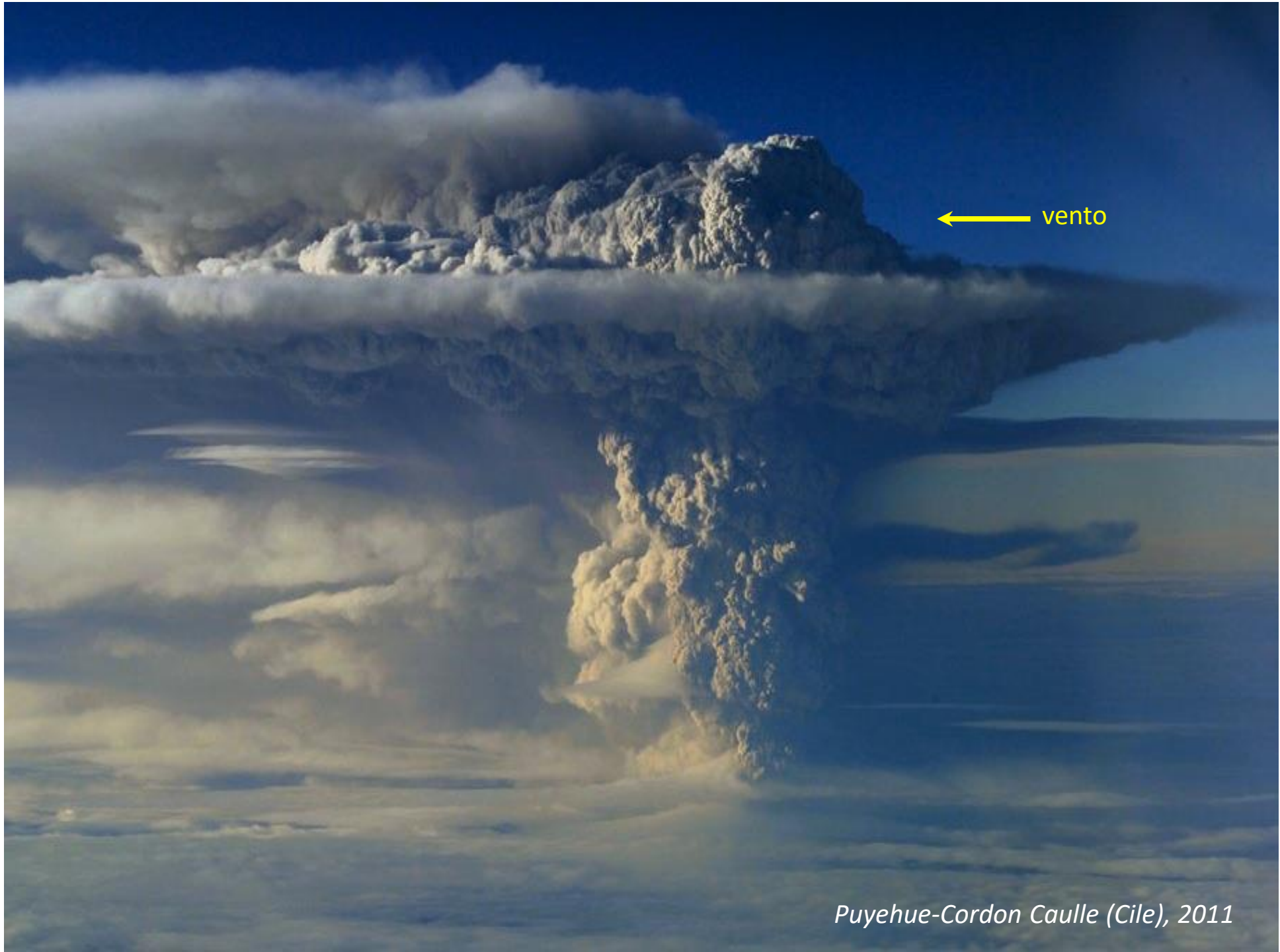


- Prima dell'eruzione del 79 A.D., Il Vesuvio era rimasto **quiescente** per **~700 anni** anche se diversi terremoti avevano interessato l'area attorno al vulcano (l'ultimo nel 62 A.D.)
- Il terreno era particolarmente **fertile** e l'area densamente abitata
- L'eruzione durò non più di **2 giorni e mezzo** ma distrusse interamente le città di Ercolano, Pompei, Stabia e Oplontis e modificò radicalmente la morfologia del vulcano

Affresco del Vesuvio e il dio Bacco (I sec A.D.)

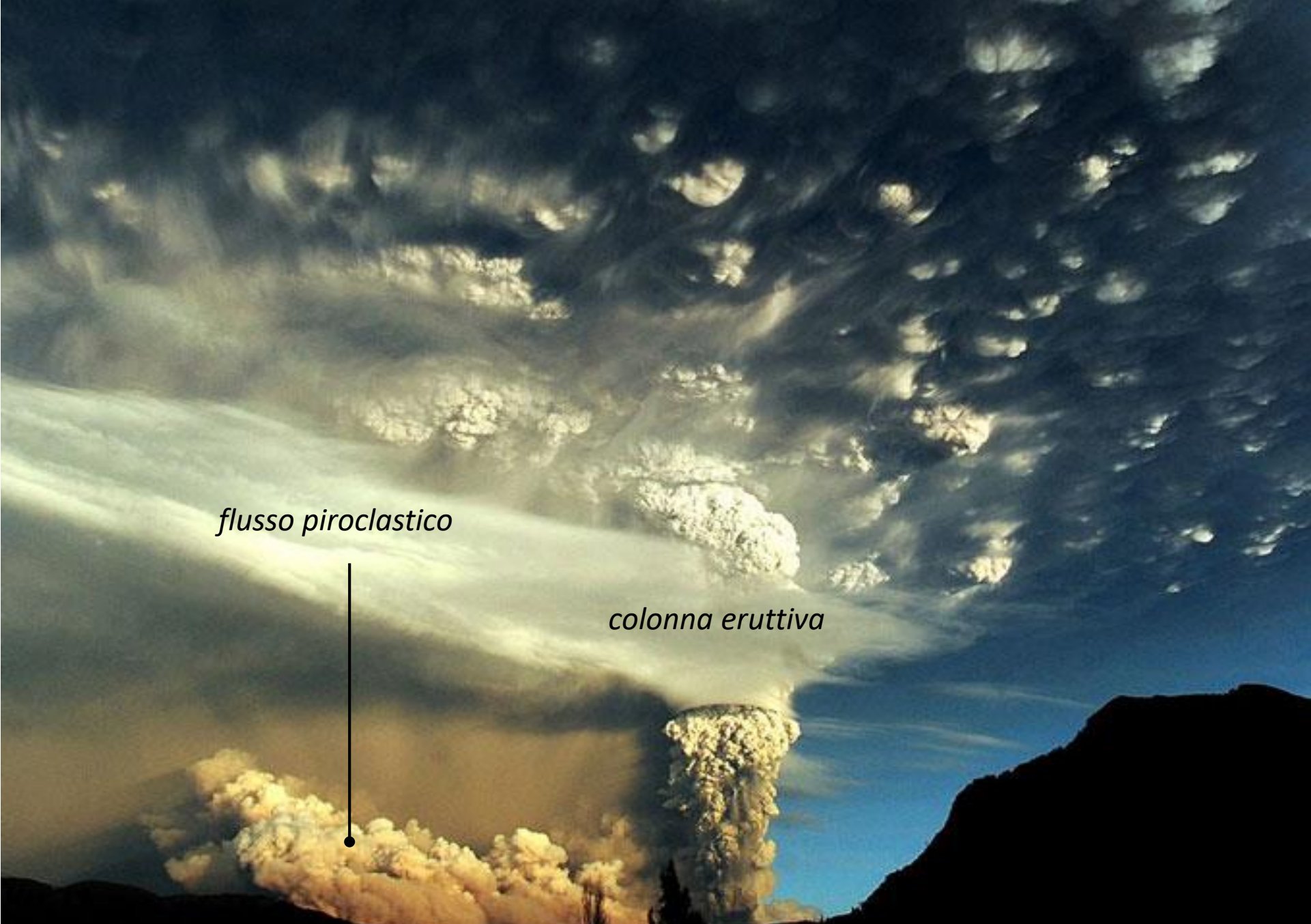


24 ottobre ore 13:30: sviluppo di una colonna eruttiva ad ombrello alta 25 km che i venti spingono verso SE -> Pompei viene coperta sotto 3 m di pomice che causano il collasso di molti tetti



← vento

Puyehue-Cordon Caulle (Cile), 2011



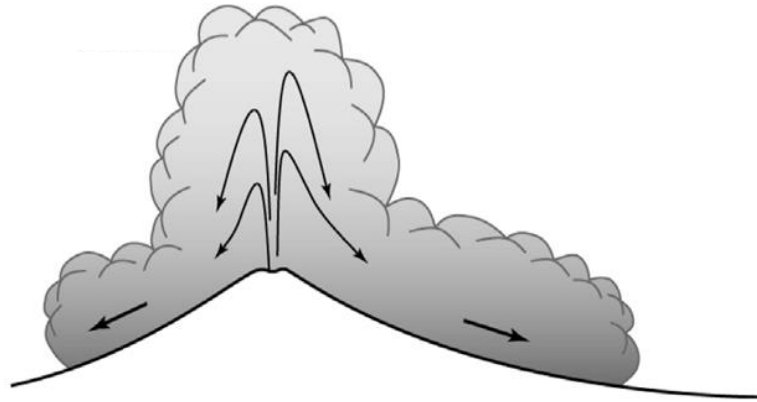
flusso piroclastico



colonna eruttiva

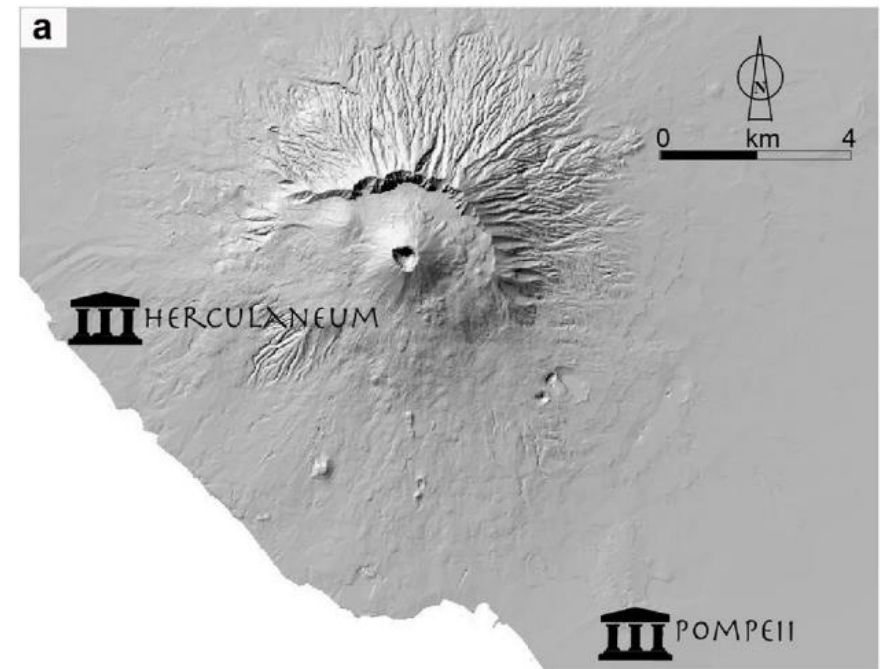
Puyehue Cordon-Caulle (Cile), 2011

Ercolano



24 ottobre ore 00:00: la colonna diventa instabile e i primi flussi piroclastici scendono lungo i fianchi SO del vulcano travolgendo Ercolano

25 ottobre ore 05:30: nuovi flussi piroclastici in direzione SO raggiungono Pompei

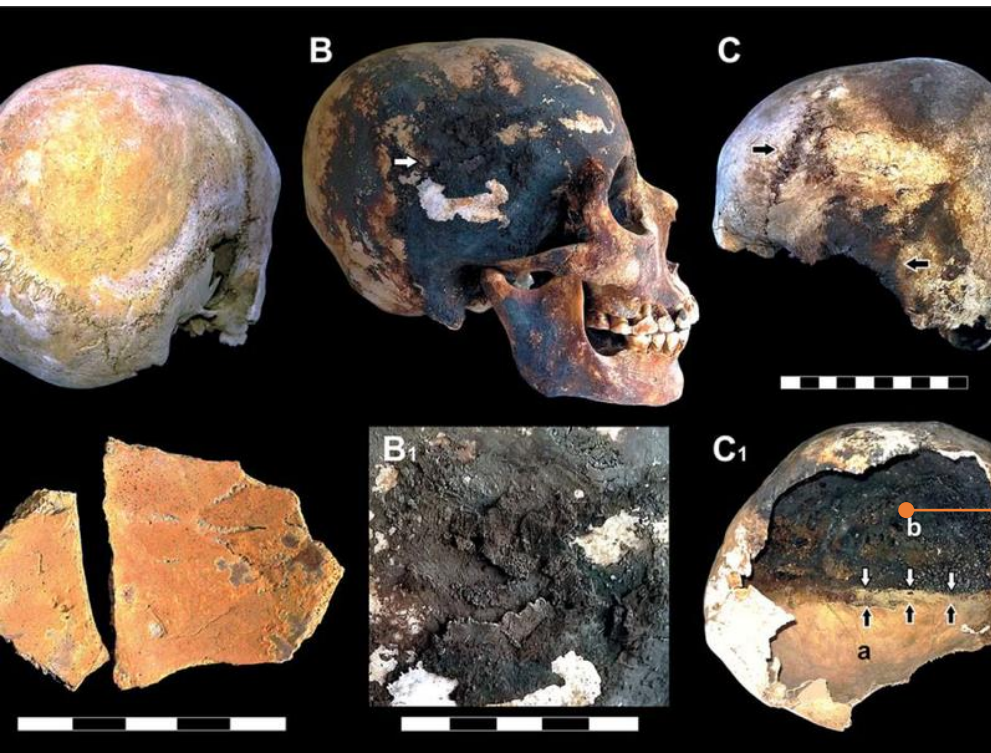




- Il **flussi piroclastici** sono costituiti da una miscela turbolenta e calda di materiale solido e gas
- Sono estremamente **mobili** (velocità fino a centinaia di km/h) e possono percorrere distanze di decine di km dal punto di emissione (fino ~100 km nelle grandi eruzioni)
- Sono la causa di circa la metà delle perdite umane legate ad eruzioni vulcaniche in età storica (~92,000 morti dal 79 A.D.)

Sinabung 2014

Ad Ercolano (~7 km SO del vulcano) i depositi da flusso piroclastico sono spessi e massivi (fino a 15-20 m), riferibili a correnti piroclastiche molto calde distruttive in grado di piegare i muri delle case e carbonizzare il legno



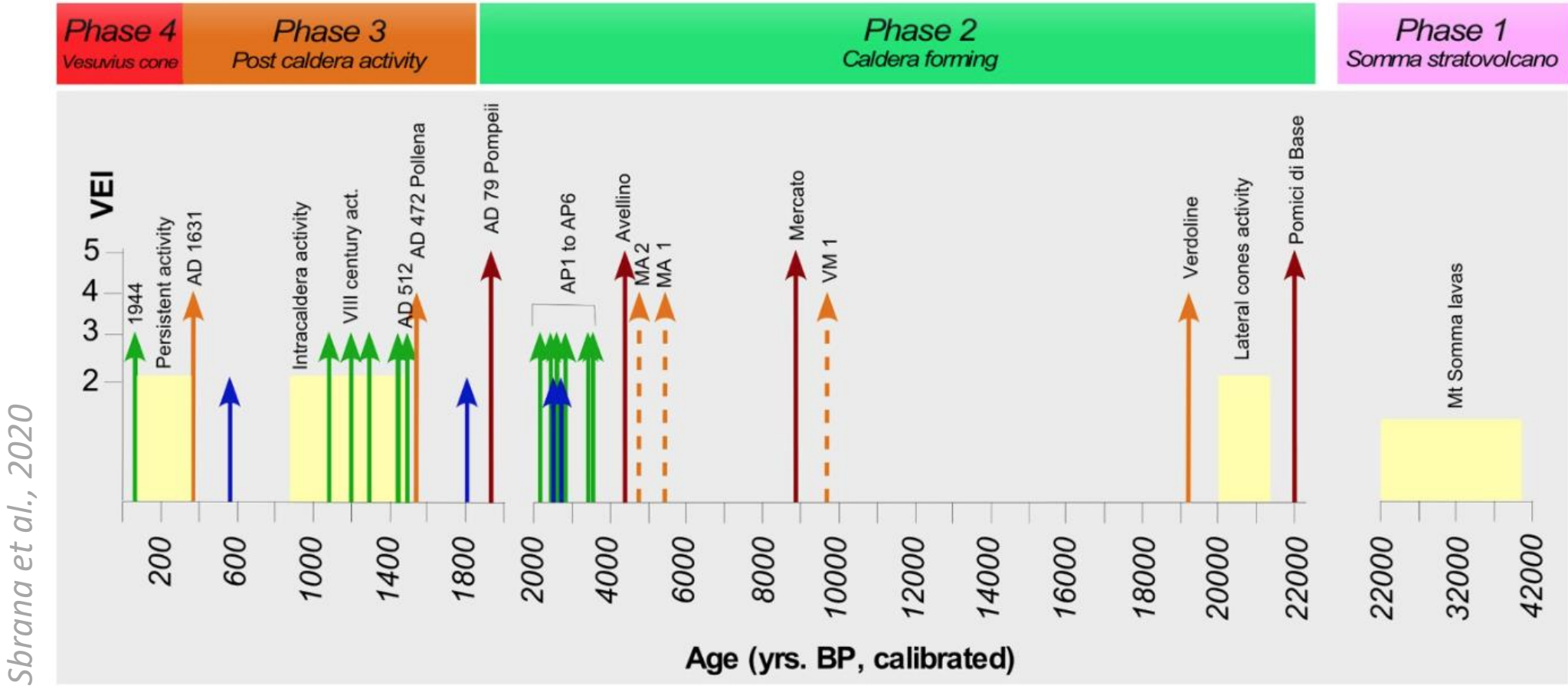
Temperature elevate sono anche testimoniate dai resti umani (400-900 °C). Tali temperature avrebbero sviluppato una istantanea vaporizzazione dei tessuti molli

A Pompei (~10 km SE del vulcano) non si sono riscontrati danni ai muri delle case nè legno carbonizzato

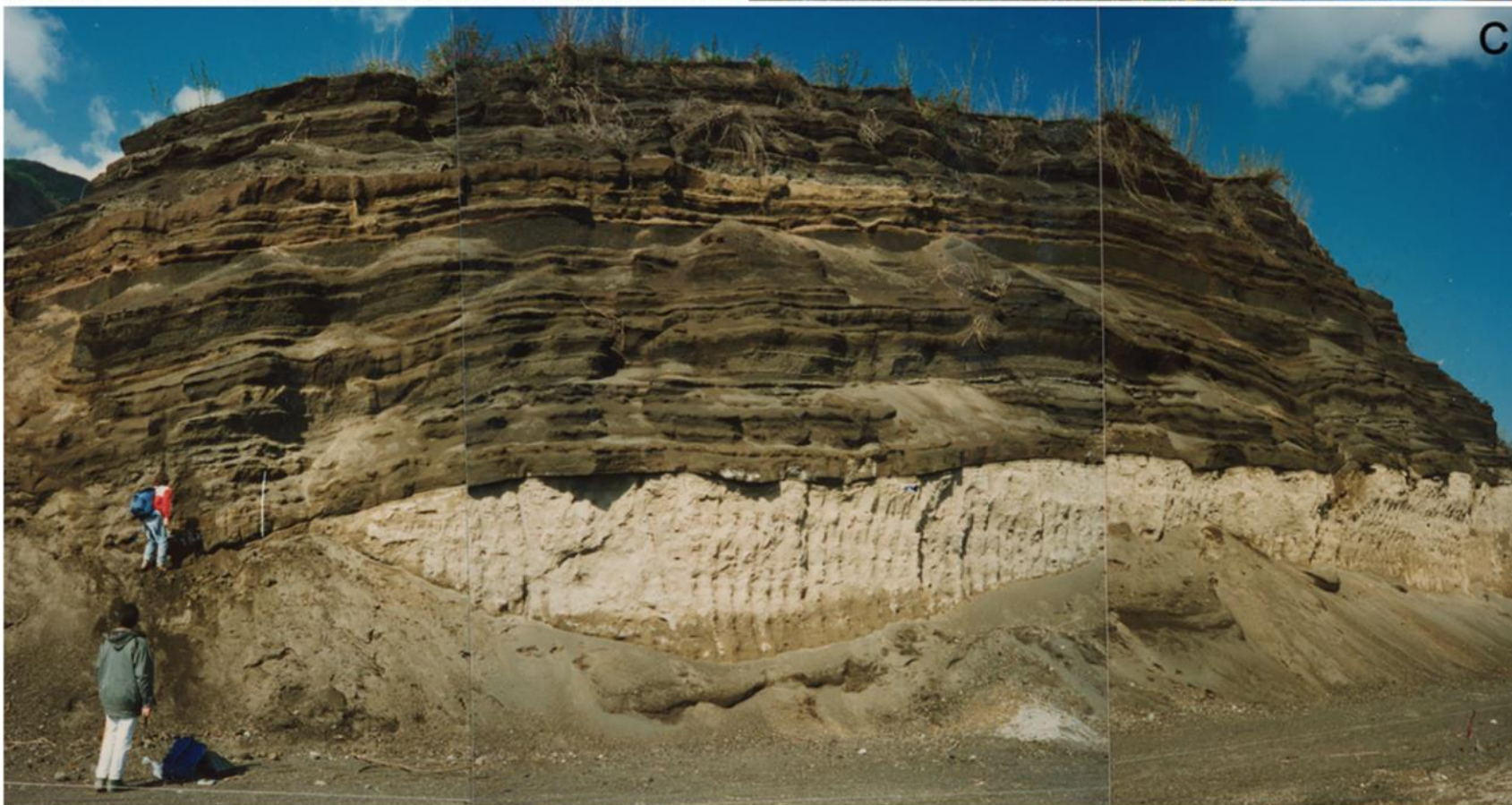


I calchi mostrano corpi intatti, spesso vestiti -> le temperature dovevano essere <math>< 130\text{ }^\circ\text{C}</math>. Gli abitanti di Pompei, sopravvissuti al collasso dei tetti, sono più probabilmente morti per asfissia da inalazione di ceneri fini (la morte sopraggiunge in pochi minuti) e poi ricoperti dalle ceneri

Storia eruttiva del Vesuvio

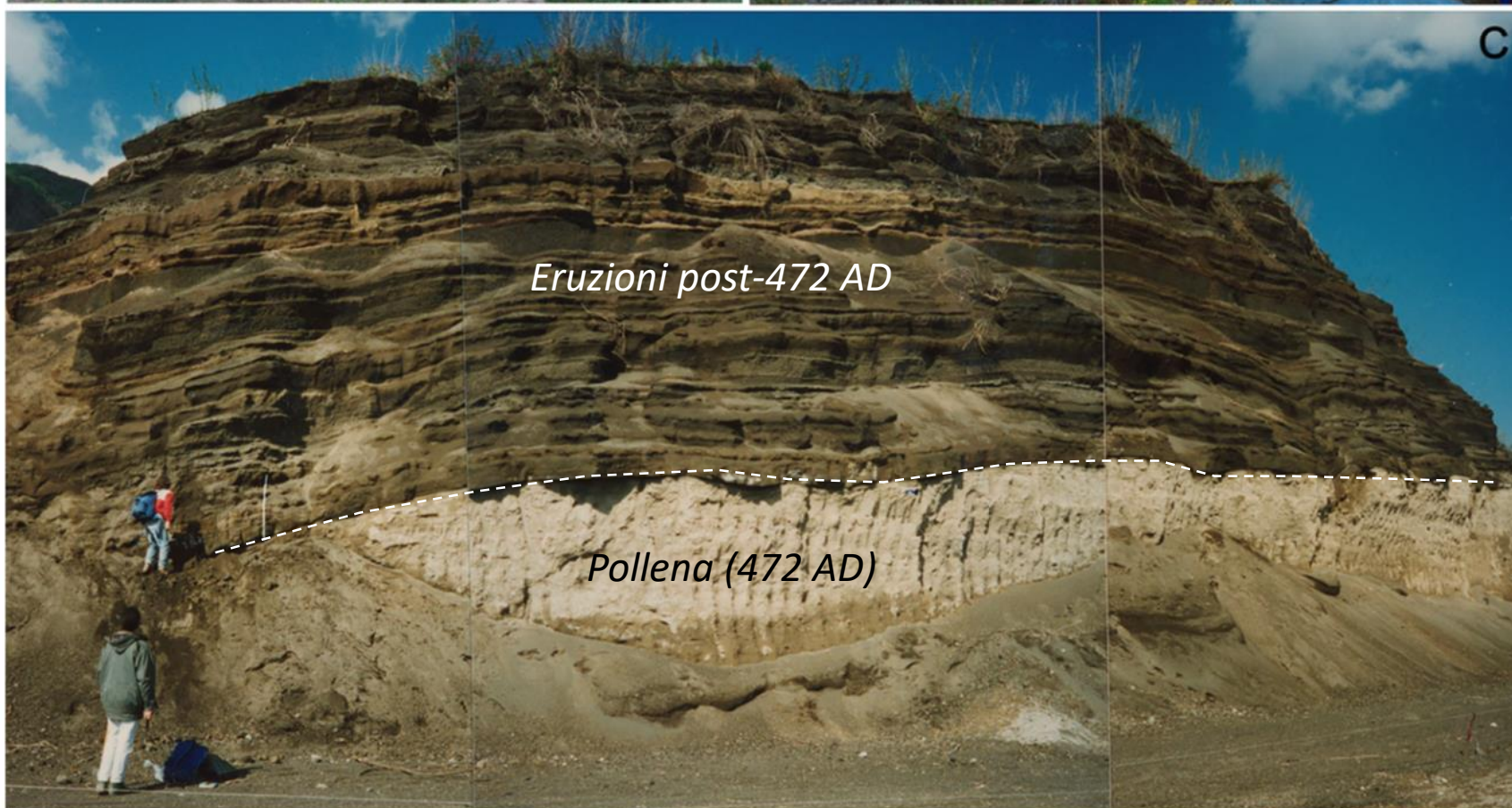
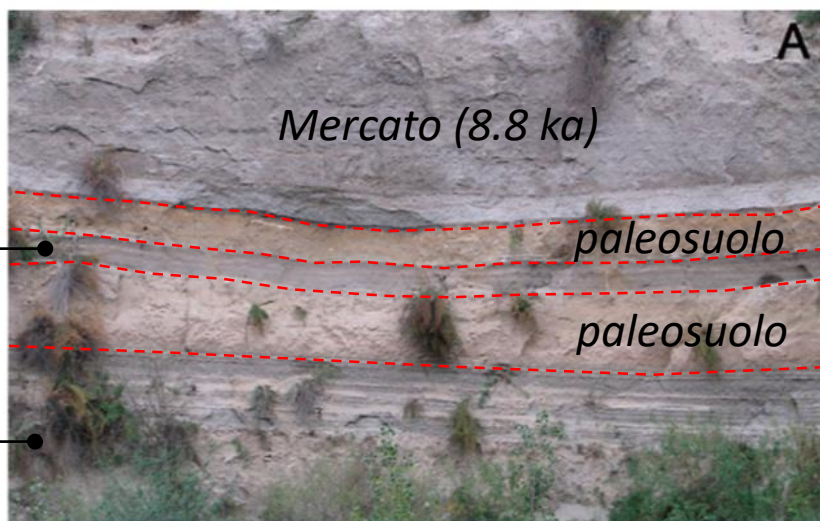


Almeno 4 eruzioni Pliniane negli ultimi 22,000 anni



Pomici
Principali
(CF; 12 ka)

Pomici
Verdoline
(19 ka)



Come sta il Vesuvio?

VESUVIO - Italia marzo 2022

Comunicazione sullo stato attuale del vulcano Vesuvio



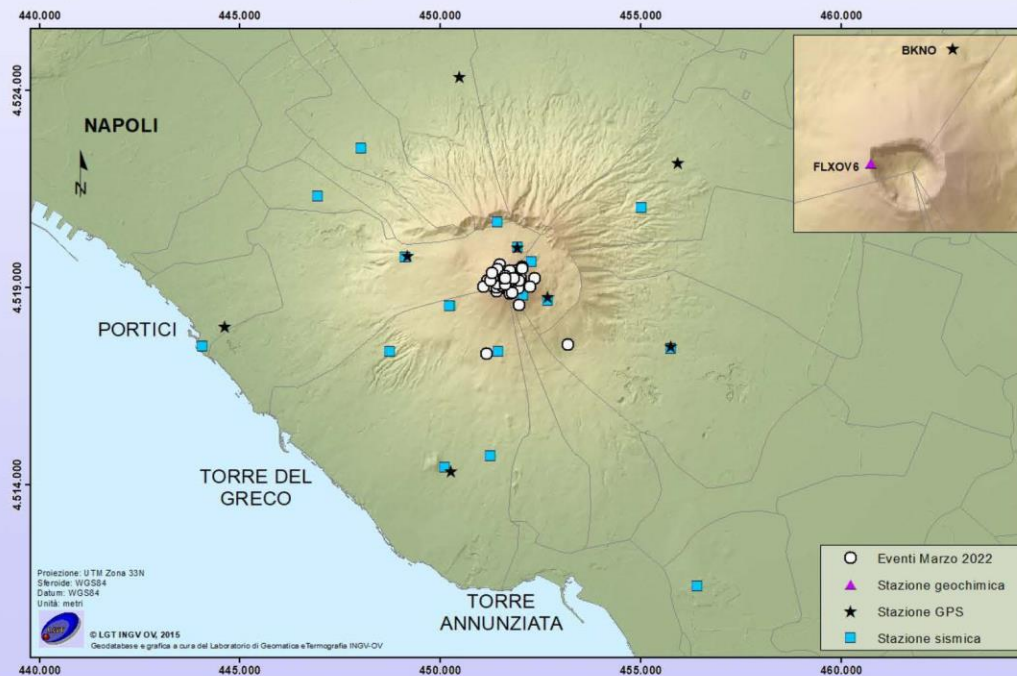
ISTITUTO NAZIONALE DI
GEOFISICA E VULCANOLOGIA
OSSERVATORIO VESUVIANO

www.ov.ingv.it

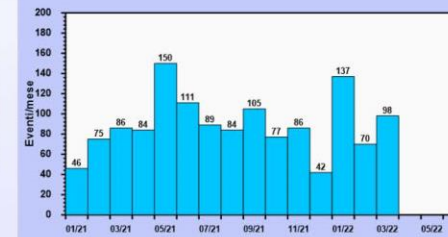


Nel corso del mese di marzo 2022 sono stati registrati 98 terremoti ($M_{max}=1.4\pm 0.3$).
Non si evidenziano deformazioni del suolo imputabili a fenomeni vulcanici. La stazione GPS di BKNO mostra un abbassamento di circa -7.3 mm/anno.
I parametri geochimici non evidenziano variazioni significative alle fumarole presenti sul bordo del cratere.

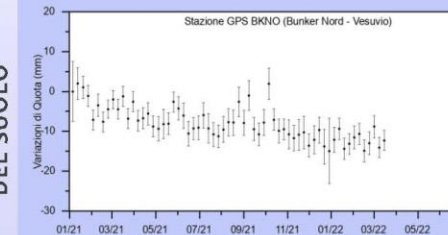
Per approfondimenti: www.ov.ingv.it/ov/it/bollettini.html



SISMICITÀ



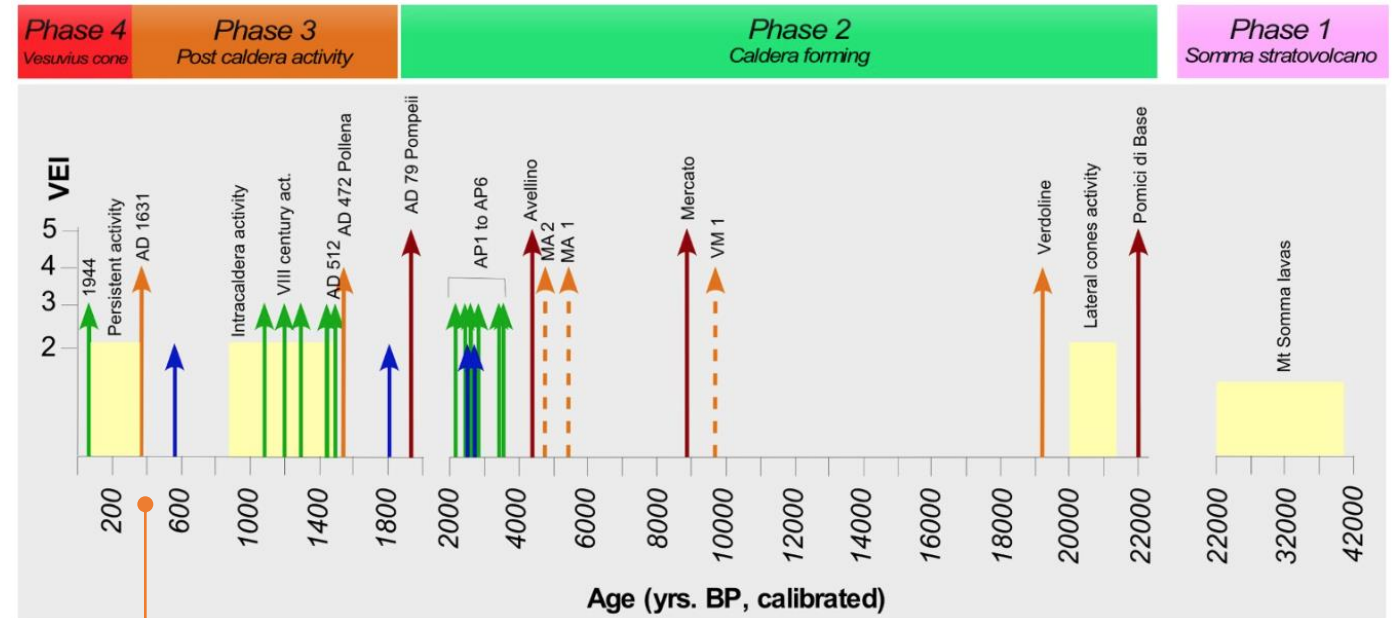
DEFORMAZIONI DEL SUOLO



TEMPERATURE DEL SUOLO

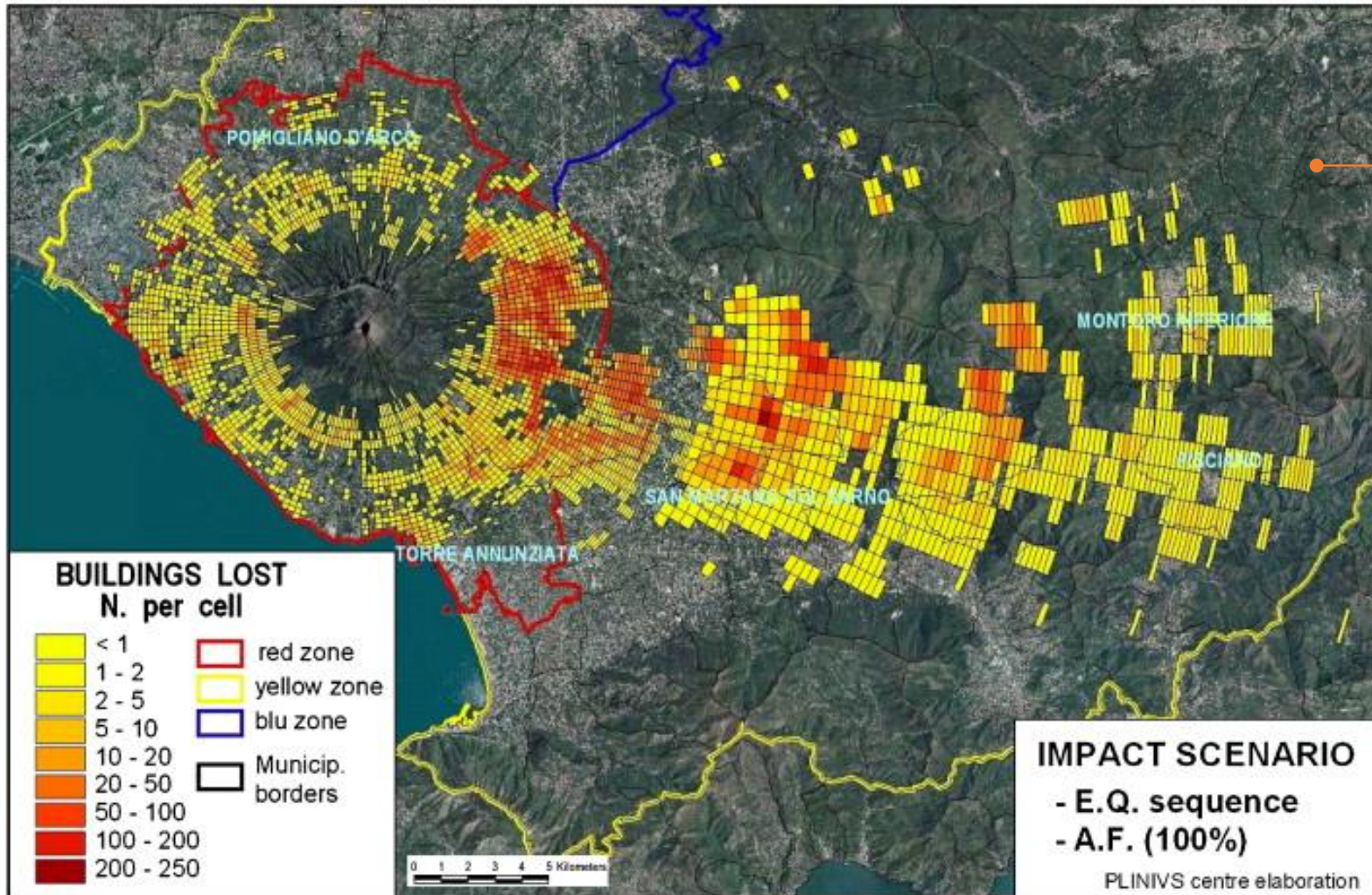


In caso di ripresa dell'attività...



Il massimo evento atteso in caso di ripresa dell'attività è simile a quello dell'eruzione del 1631 A.D. (eruzione sub-Pliniana; $\sim 2 \times 10^8$ m³ di magma)

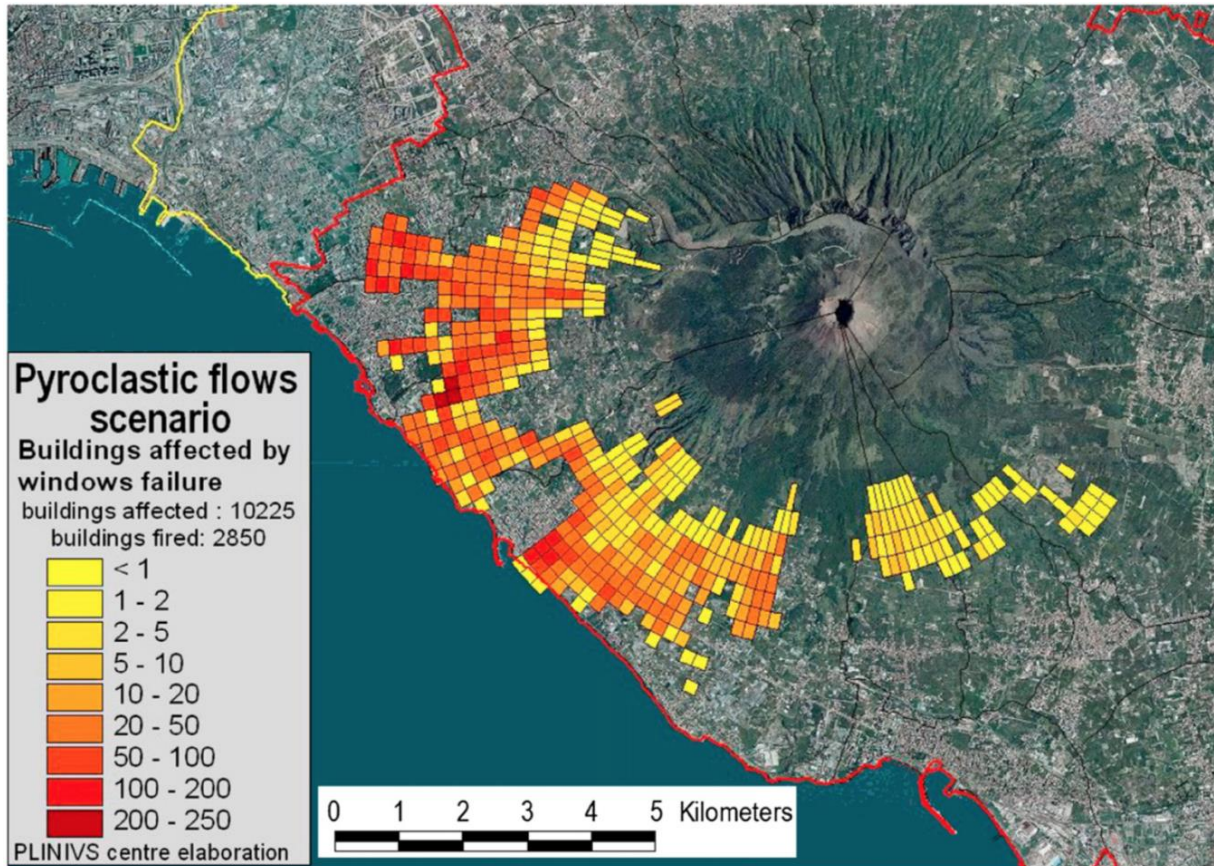
Impatto dei depositi da caduta



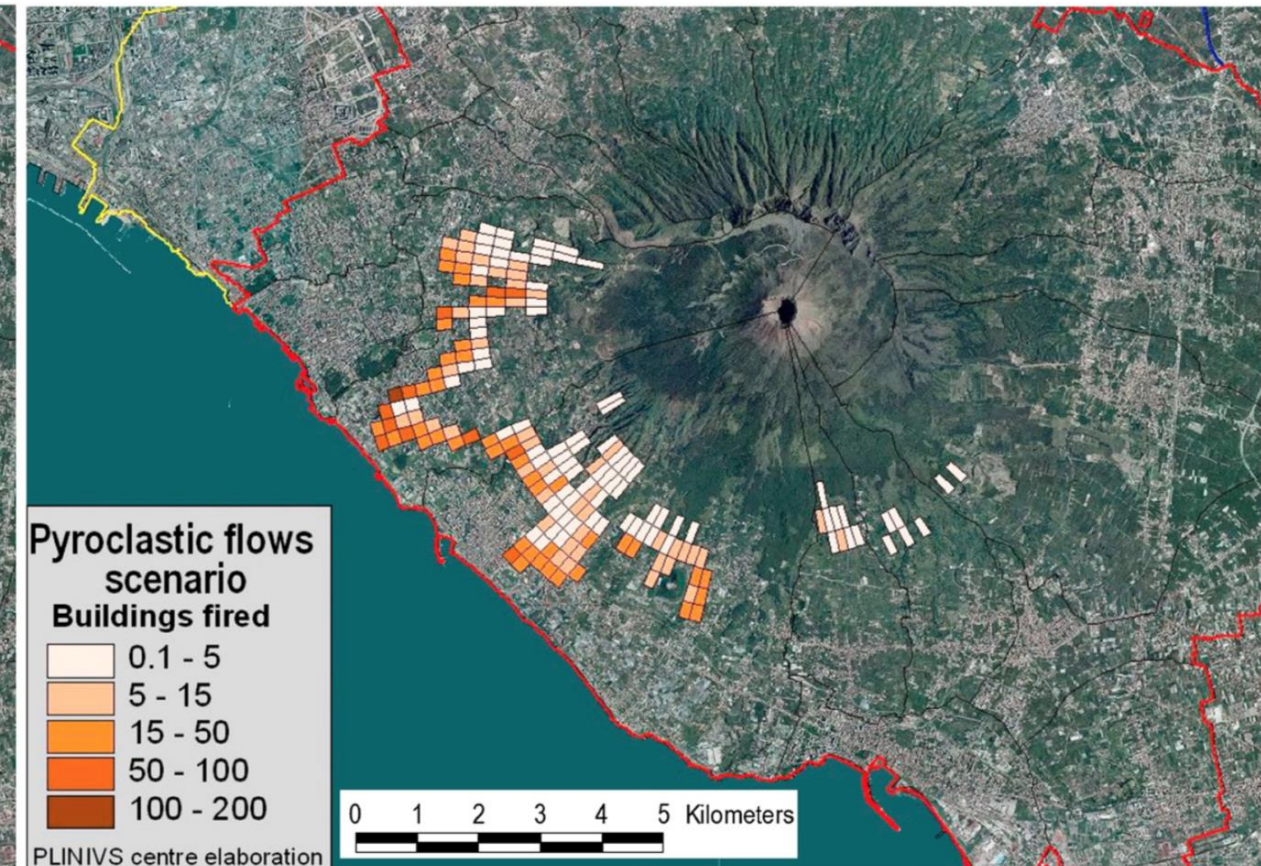
*Perdita di edifici
causata del peso
dei depositi da
caduta sui tetti*

Impatto dei flussi piroclastici sugli edifici

Rottura di finestre



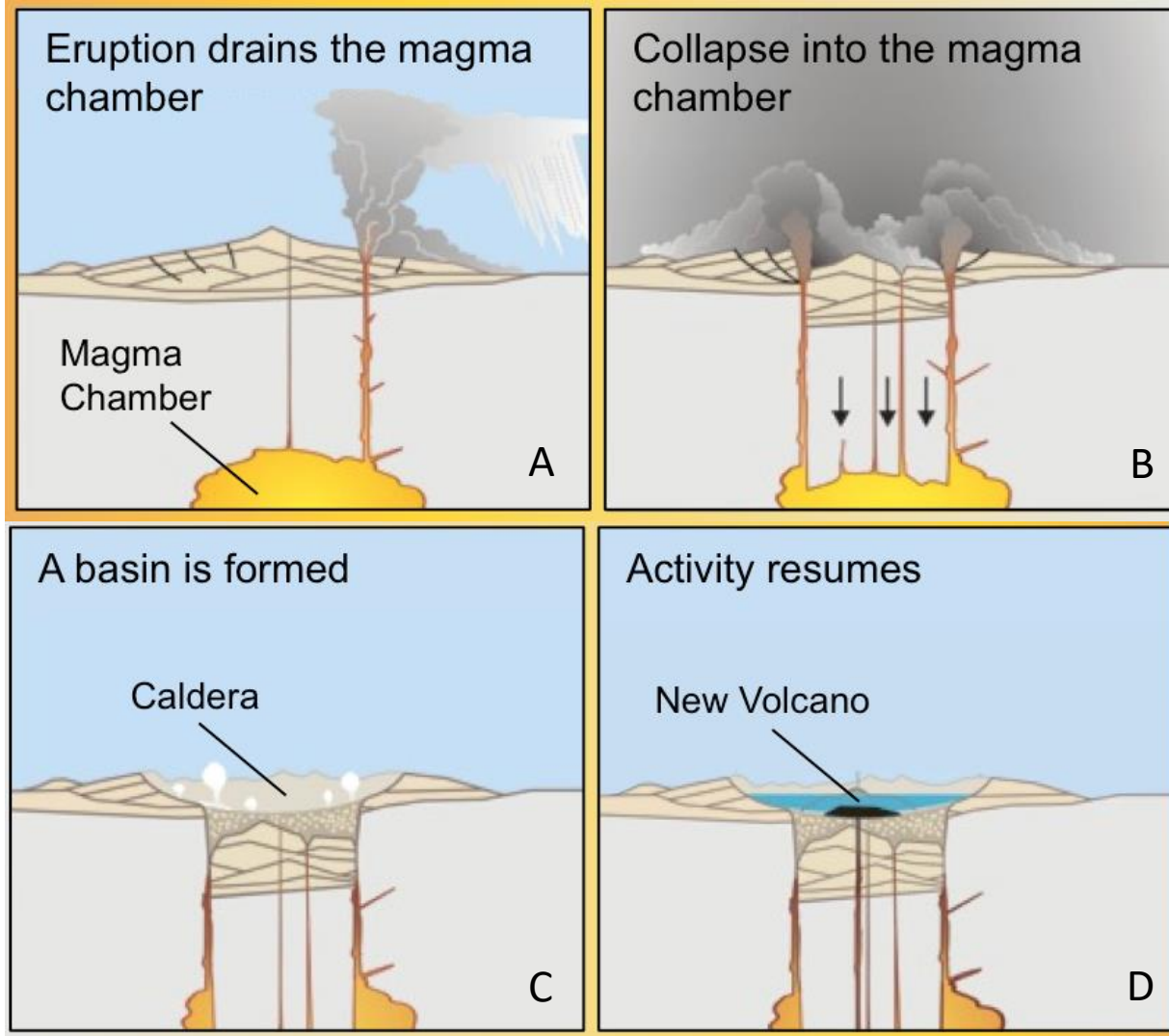
Edifici in fiamme



Campi Flegrei

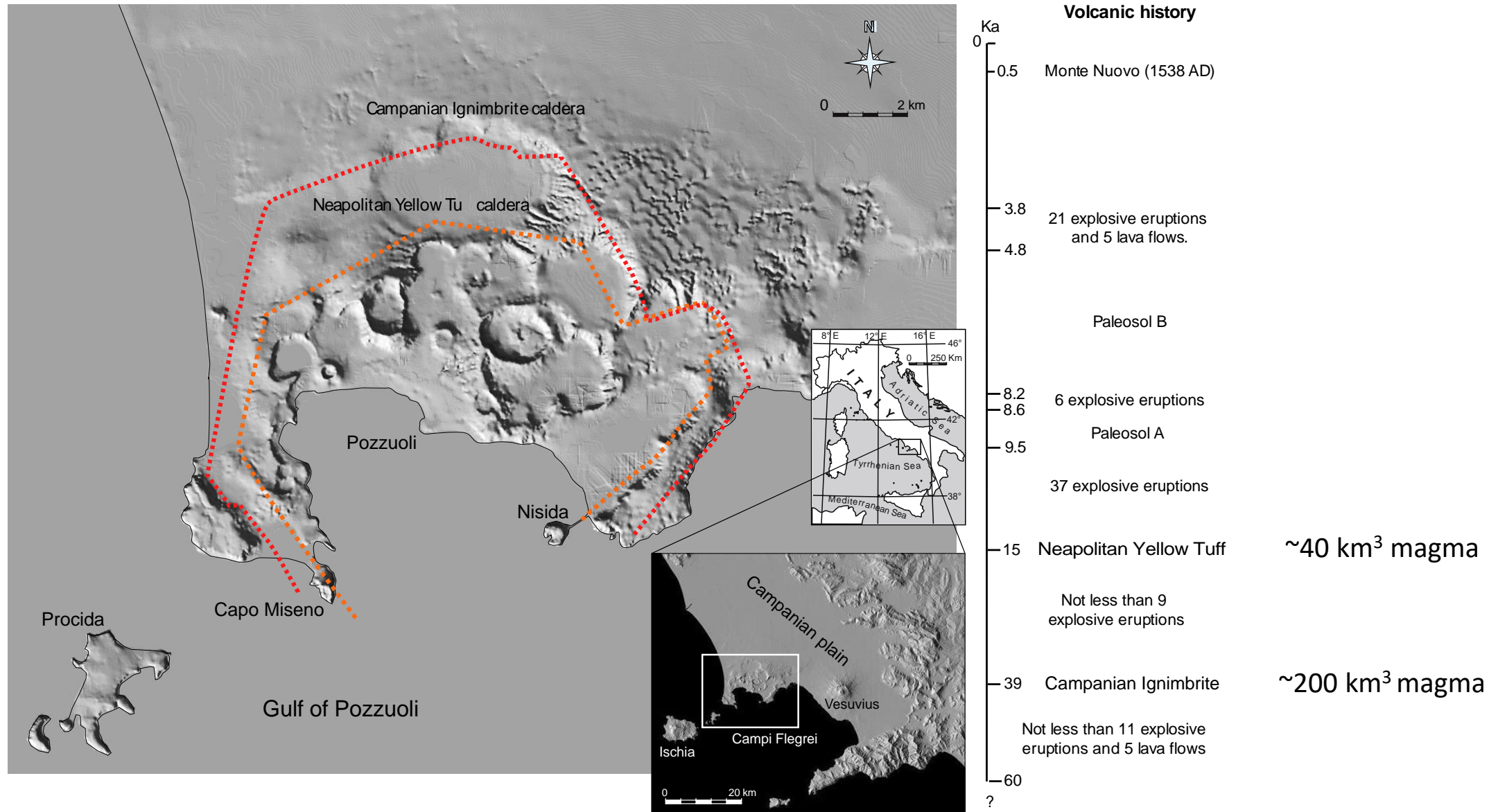


Come si forma una caldera?



- Si formano in seguito ad eruzioni che coinvolgono **grandi quantità di magma** stoccato in camere magmatiche poco profonde (generalmente 4-9 km) (A)
- Lo **svuotamento della camera magmatica** provoca la subsidenza del settore di crosta sovrastante (B), si forma una **depressione** in superficie (C)
- L'**attività vulcanica successiva** si concentra lungo i bordi e all'interno della depressione calderica (D)

Storia eruttiva dei Campi Flegrei



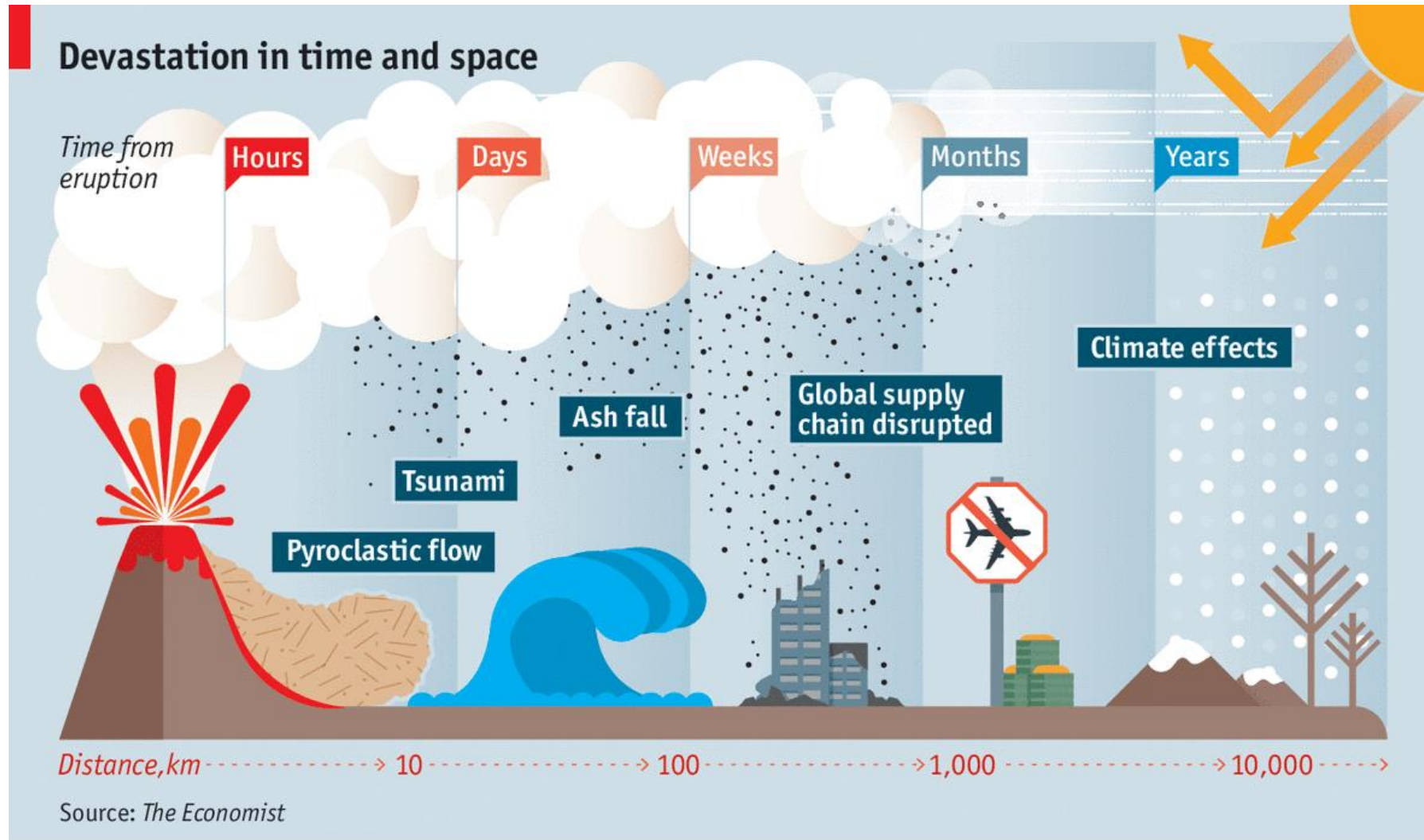


Ignimbrite Campana (39 ka) a Monte di Procida

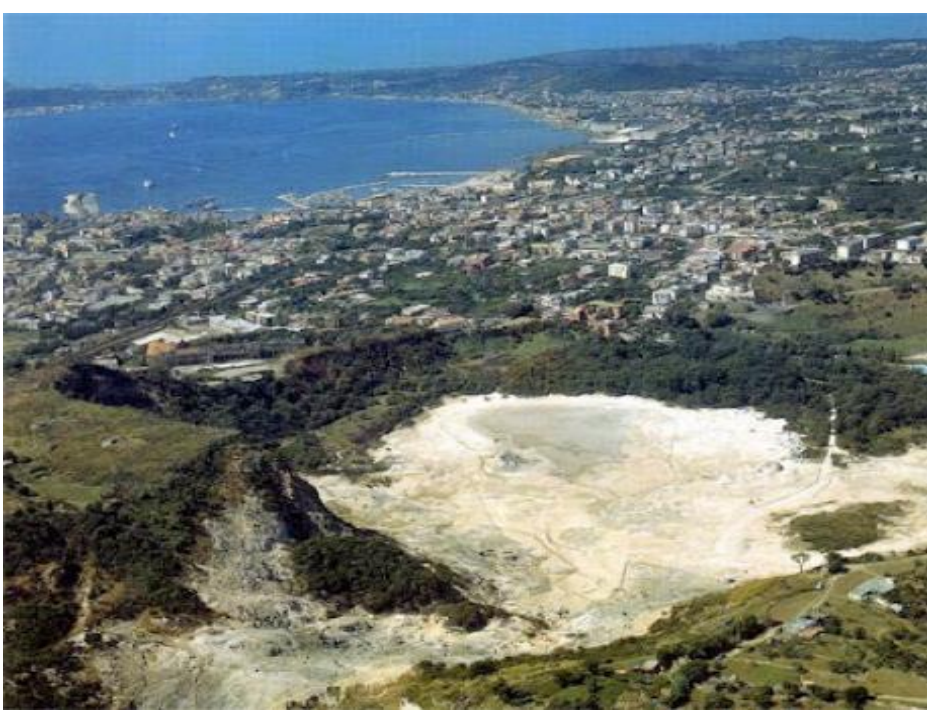


Tufo Giallo Napoletano (15 ka) a Posillipo

Effetti di una eruzione calderica

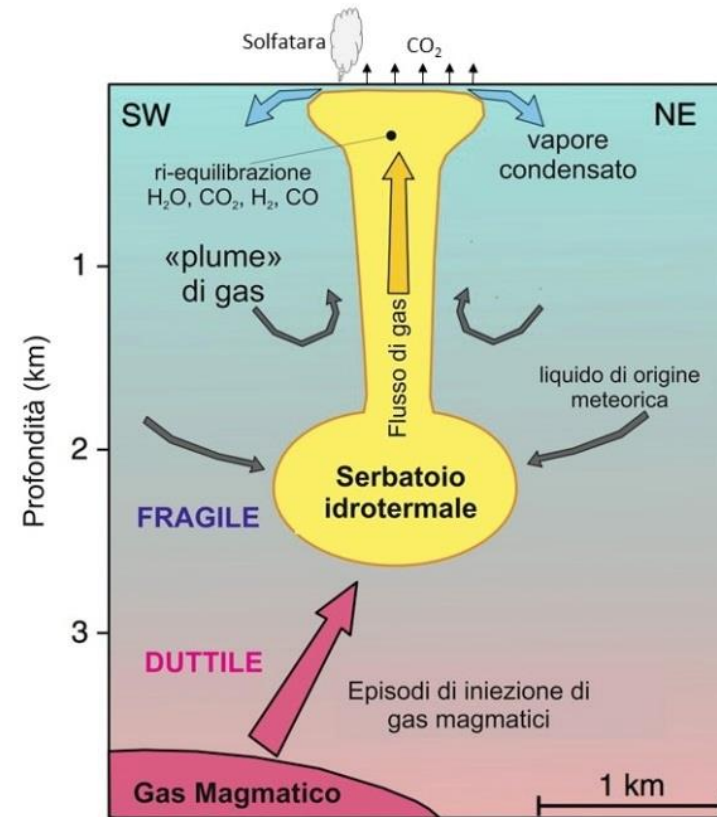


Solfatarra (Pozzuoli)



- Piccolo edificio vulcanico nel settore centrale dei Campi Flegrei (4.1-3.8 ka)
- Sede di intensa attività fumarolica già conosciuta in epoca romana (Strabone la descrisse come “l’ingresso agli Inferi”)
- Le emissioni gassose (**fumarole**) sono alimentate da un **sistema idrotermale**

Il sistema idrotermale della Solfatarara



Chiodini et al., 2015

*In un **sistema idrotermale** acque superficiali (**meteoriche**) interagiscono in profondità con gas di origine magmatica, si riscaldano e risalgono in superficie*

Il Bradisismo



Mercato del Serapeo (Pozzuoli)

- Si riferisce ad episodi di innalzamento/abbassamento del terreno
- Ai Campi Flegrei è stato possibile ricostruire episodi di **bradisismo** negli ultimi 2000 anni attraverso lo studio delle incisioni procurate da organismi marini nelle colonne del mercato romano di Pozzuoli (fino a ~10 m sopra la base)

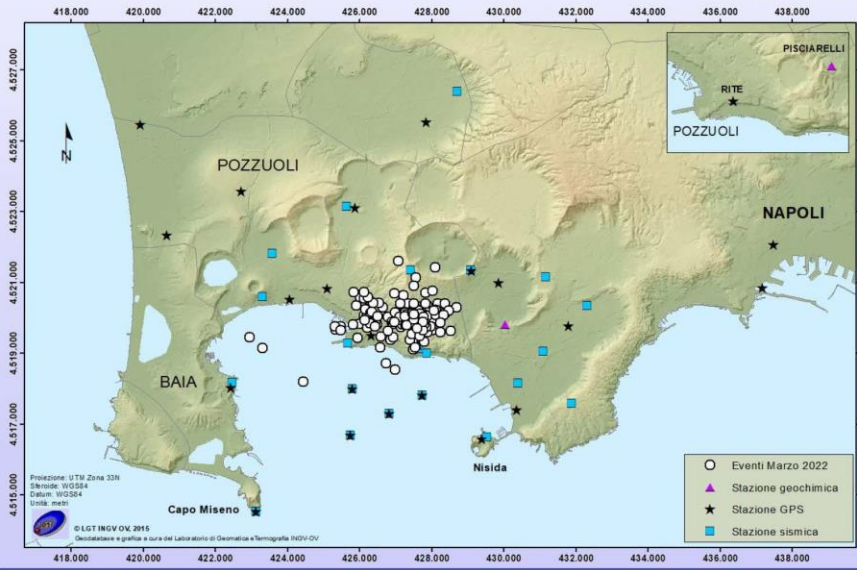
Come stanno i Campi Flegrei?

CAMPI FLEGREI - Italia marzo 2022

Comunicazione sullo stato attuale della caldera dei Campi Flegrei

Nel corso del mese di marzo 2022 sono stati registrati 339 terremoti ($M_{max}=3,6\pm 0,3$).
 Il sollevamento registrato alla stazione GPS di RITE è di circa 60 cm a partire da gennaio 2016.
 I parametri geochimici indicano il perdurare dei trend già identificati in precedenza.

Per approfondimenti: www.ov.ingv.it/ov/it/bollettini.html



ISTITUTO NAZIONALE DI GEOFISICA E VULCANOLOGIA
 OSSERVATORIO VESUVIANO

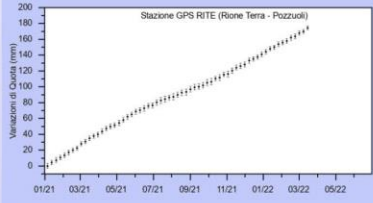
www.ov.ingv.it



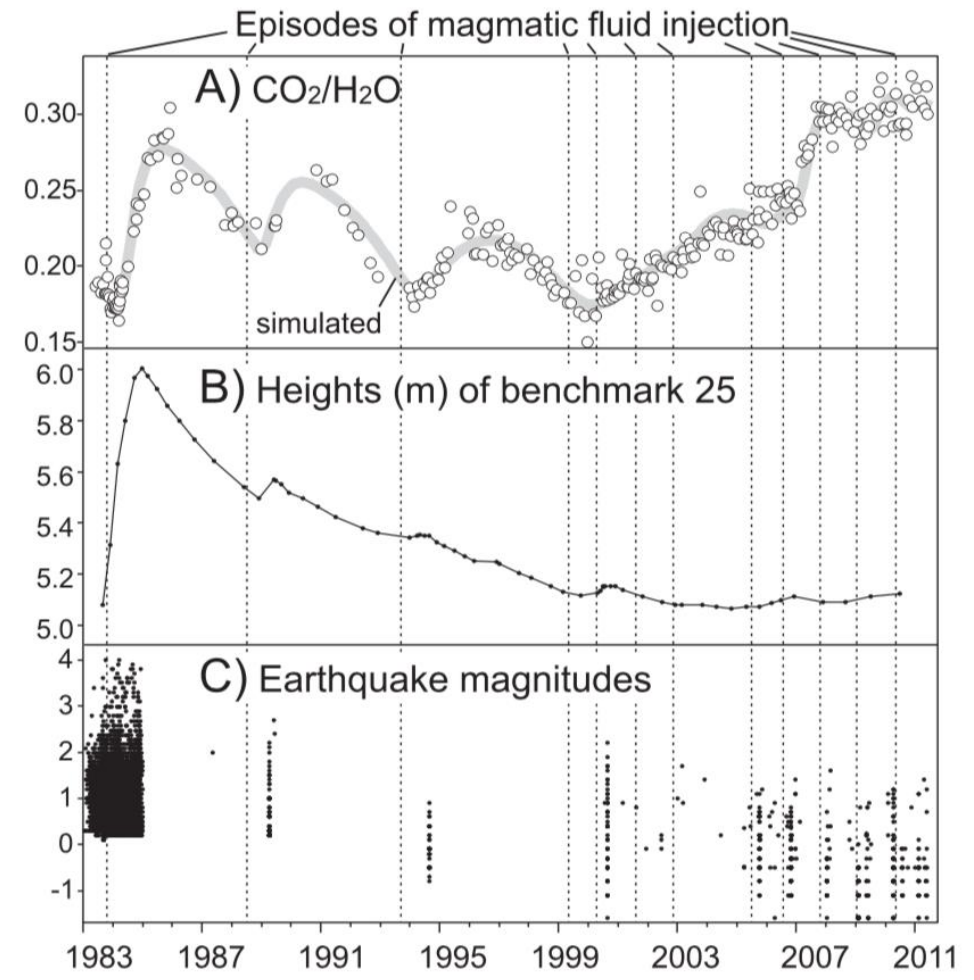
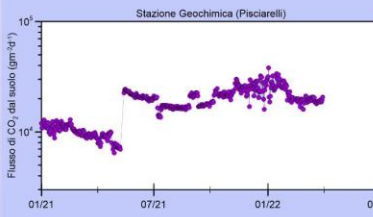
SISMICITÀ



DEFORMAZIONI DEL SUOLO



GEOCHIMICI DEI FLUIDI



Chiodini et al., 2012

Stromboli

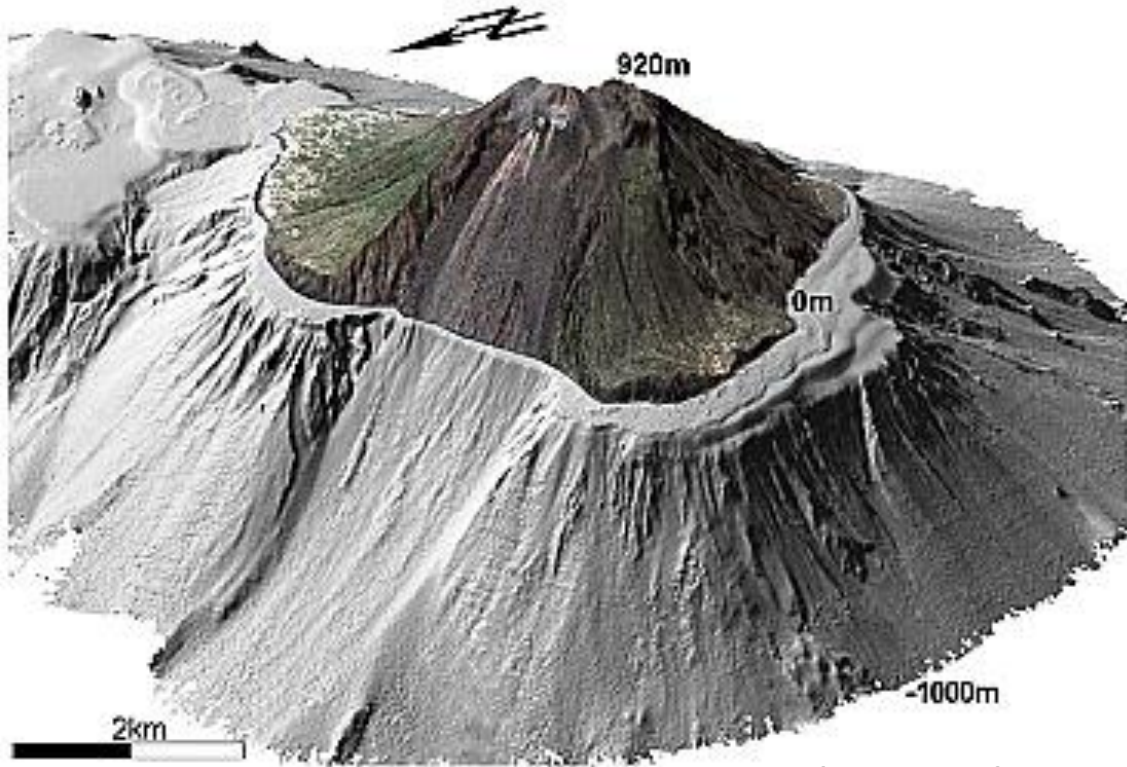


crateri sommitali

Sciara del Fuoco

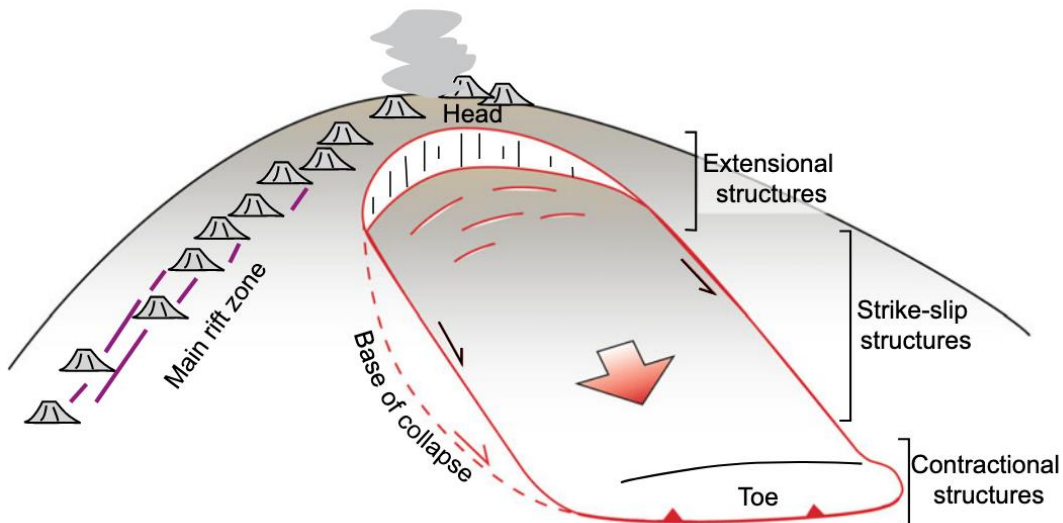
Veduta aerea del vulcano Stromboli con la Sciara del Fuoco (versante NO)

La Sciara del Fuoco

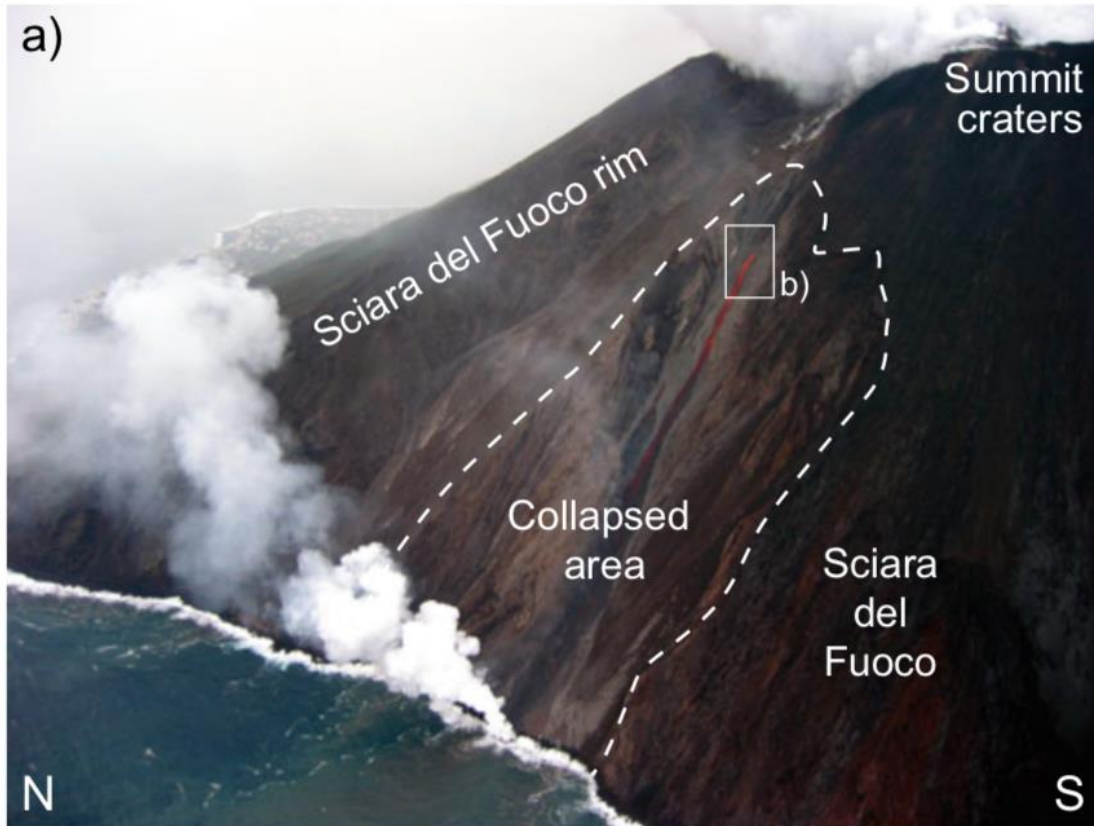
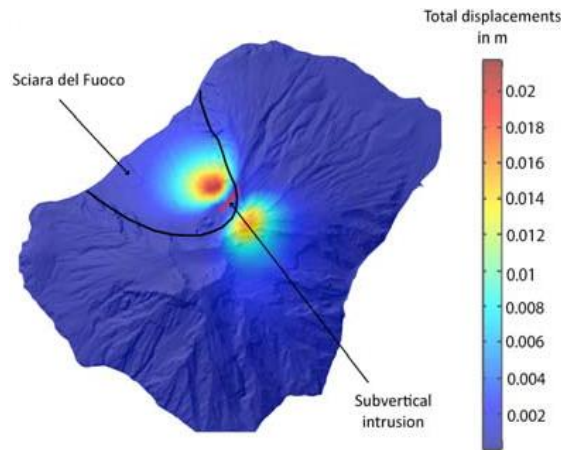


Chiocci et al., 2008

- E' una scarpata molto ripida ($> 38^\circ$) che si prolunga fino ad una profondità di ~ 750 m slm
- Rappresenta la preferenziale area di raccolta e **accumulo** del materiale eruttato dai crateri sommitali
- Si è originata per l'effetto di successivi **collassi del fianco NO** del vulcano dovuti a fenomeni di instabilità



Collassi e tsunami



Stromboli dicembre 2002



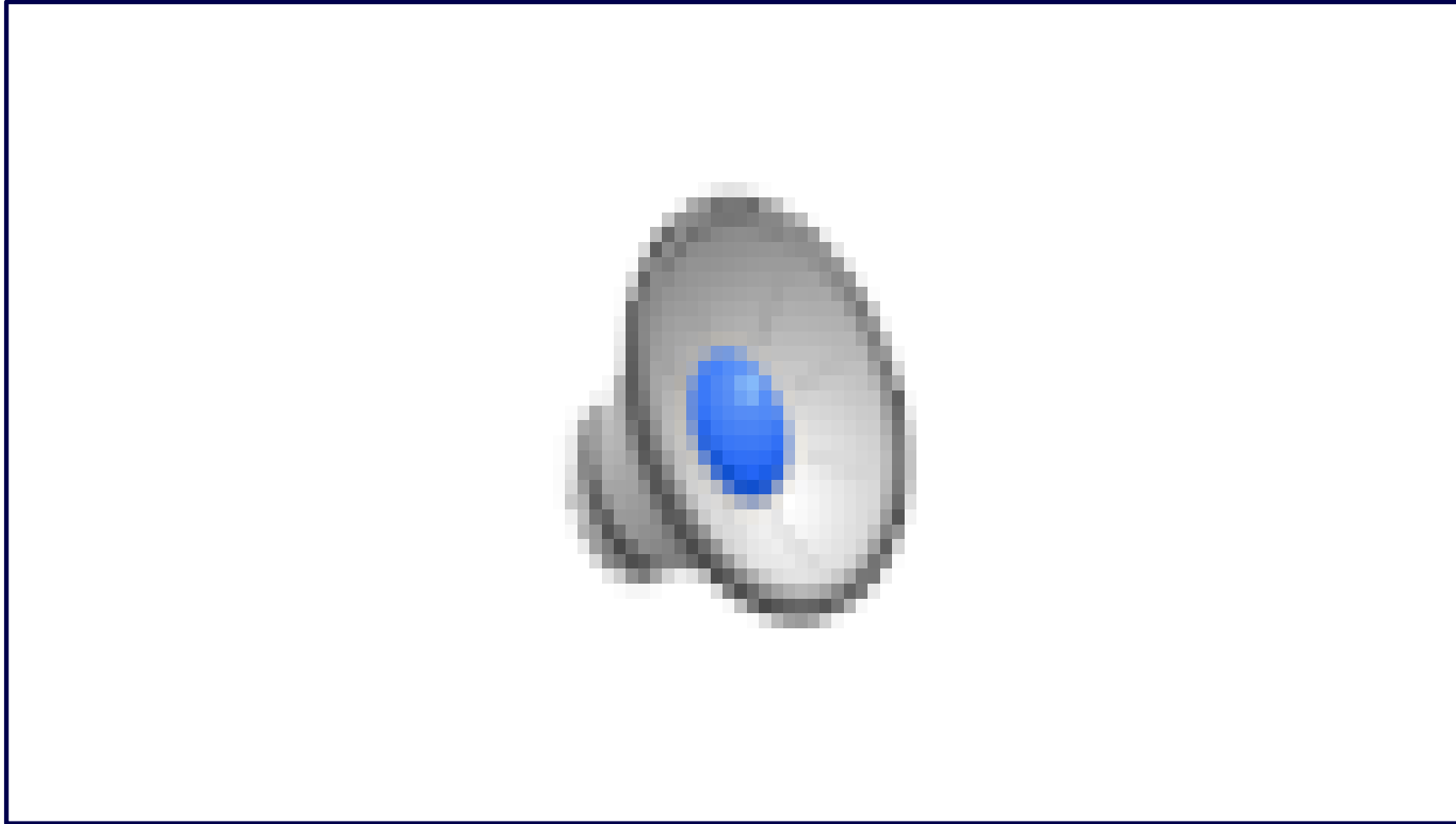
Acocella, 2021

*Nel dicembre 2002 l'intrusione di magma lungo la direttrice NE-SO causa la destabilizzazione di più aree lungo la Sciara del Fuoco, il **collasso** di $\sim 16 \times 10^6 \text{ m}^3$ di materiale innesca uno **tsunami** locale che raggiunge le coste di Sicilia e Calabria*

L'attività Stromboliana

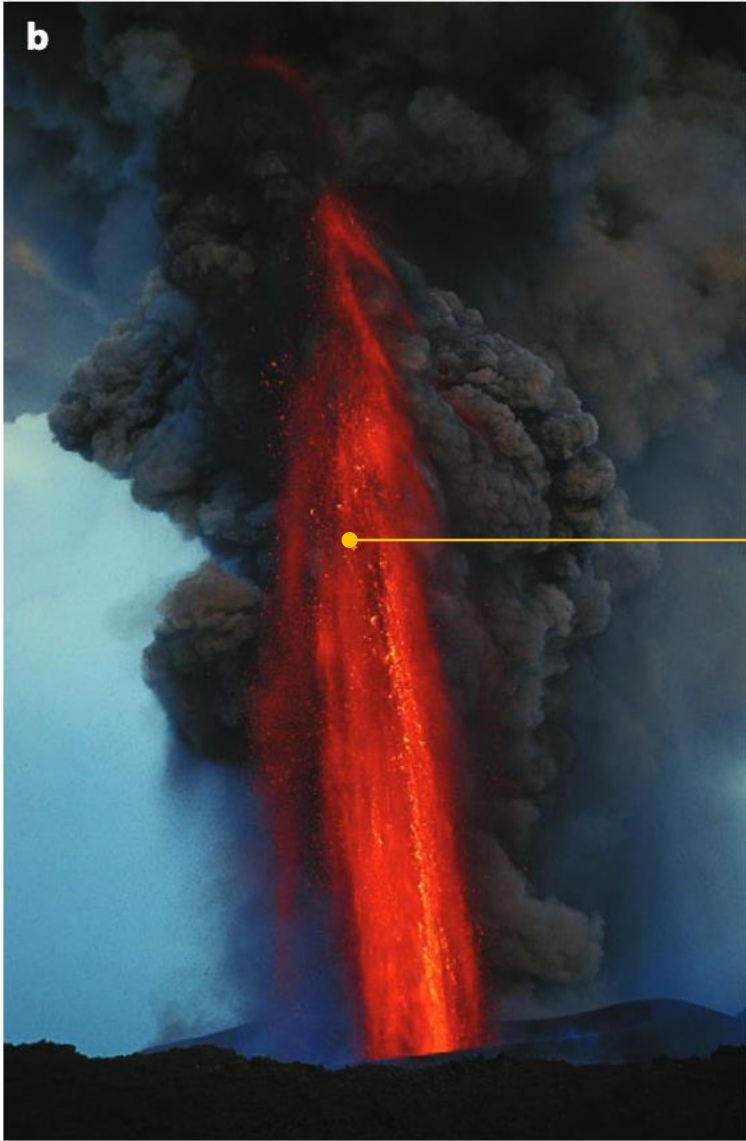


L'attività Stromboliana





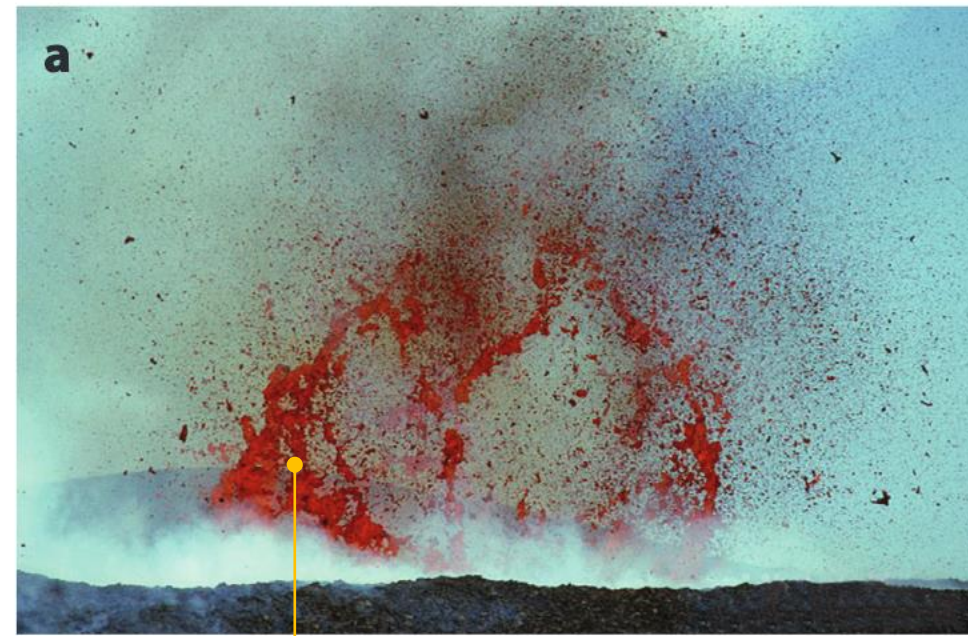
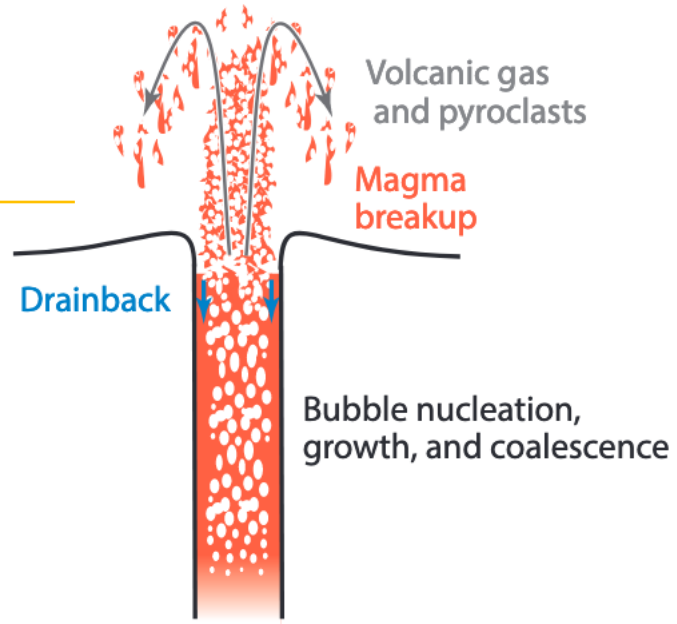
*Durante la sua risalita il magma subisce una progressiva decompressione con conseguente **espansione delle bolle di gas**, il magma diventa sempre più sfilacciato fino a rompersi*



b

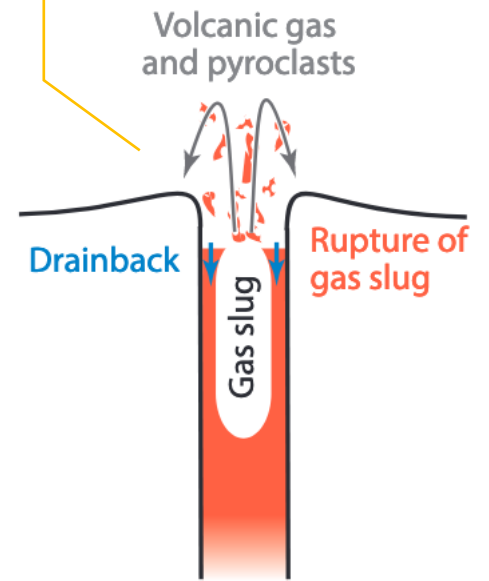
Gonnermann, 2015

Hawaiian-style (lava fountain)



a

Strombolian-style



Parossismi



- Sono episodi di **attività esplosiva** particolarmente vigorosa che deviano dalla «normale» attività del vulcano
- Implicano lo sviluppo di **colonne eruttive** alte qualche km di altezza, **flussi piroclastici** e **lancio di clasti** anche di grosse dimensioni fino a centinaia di m dal punto di emissione



Parossismo del 3 luglio 2019



Etna



*Altezza: 3357 m slm
(ma varia
continuamente!)
Circonferenza: 140 km*

Mt. Etna



Etna

- Secondo gli antichi greci, l'Etna era la **fucina sotterranea** in cui i Ciclopi lavoravano sotto la direzione di Efesto, dio del fuoco
- I suoni, i tremori, il fumo e il “fuoco” provenienti dal vulcano erano provocati dall'**azione dei martelli** e dalle attività di forgiatura dei metalli

L'attività dell'Etna



L'attività più tipica dell'Etna è caratterizzata da uno stile eruttivo misto **hawaiano/stromboliano**:

- attività esplosiva semi-persistente dai crateri sommitali con **fontane di lava** alte fino a centinaia di metri che possono talvolta alimentare colate laviche
- attività effusiva (e debolmente esplosiva) da **bocche laterali** che si aprono lungo fratture sui fianchi del vulcano



Etna



Etna, 1992



Etna, 2001



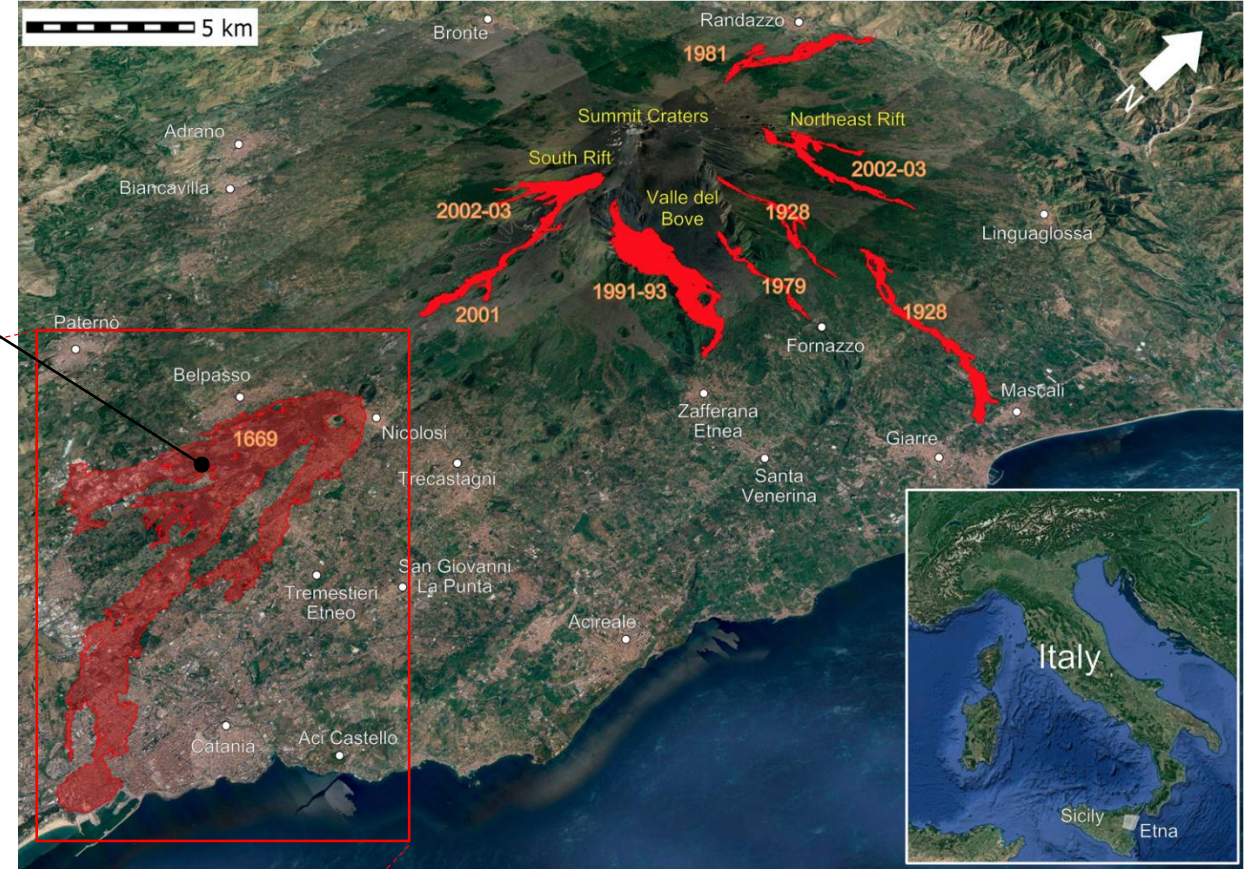
Etna, 1981

Ponti Rossi (1669)

Colata lavica da quota ~800 m sul fianco S raggiunse una lunghezza massima di ~17 km in 122 giorni



Affresco di Giacinto Platania



*Distruzione di 11 centri abitati e del settore SO di Catania (fino a spingersi oltre la linea di costa per ~2 km). Si registra il primo tentativo di **deviare artificialmente** il corso della colata*

Parossismi



Alberto Uccellatore ©



Pennacchio eruttivo dell'Etna visto da terra e dallo spazio, durante il parossismo del febbraio 2022

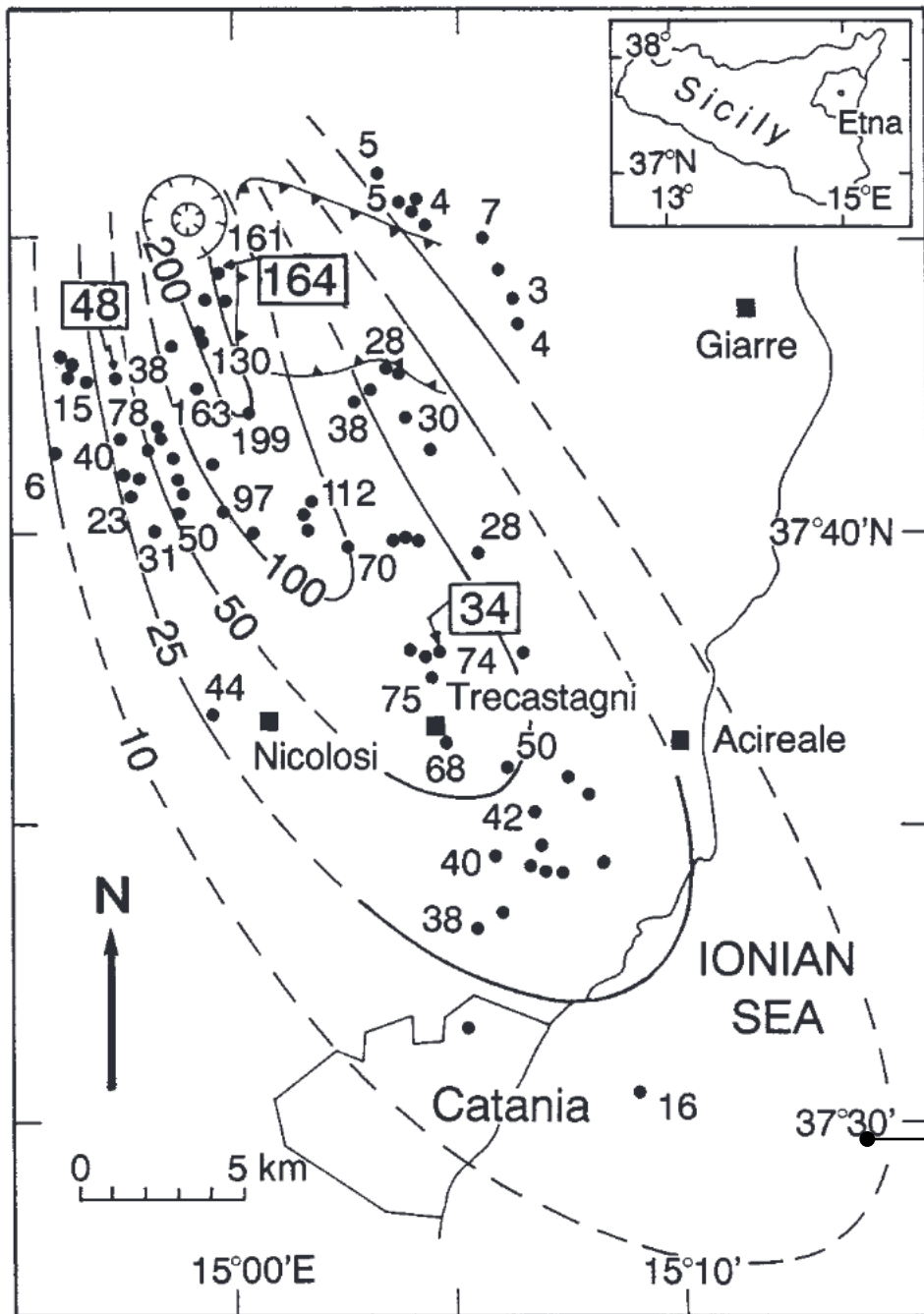


Etna, tephra fall, marzo 2021



Giarre, 07 marzo 2021

Eruzione del 122 AC



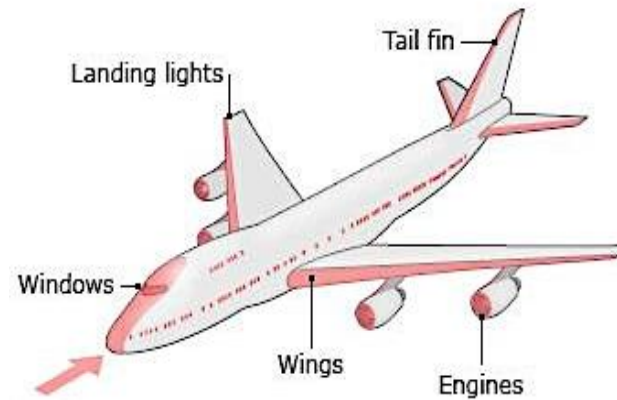
- I dati stratigrafici e storici indicano che l'Etna ha prodotto un'eruzione di tipo **Pliniano** nel 122 AC
- Ad una colonna eruttiva alta 24-26 km si associa la caduta di pomici e ceneri sul versante SE del vulcano e causa danni significativi alla città di Catania
- Per aiutare la popolazione locale, il governo di Roma esenta i catanesi dal **pagamento delle tasse** per 10 anni!

Mapa isopache (=linee che uniscono punti in cui lo spessore dei depositi è uguale) per l'eruzione del 122 AC



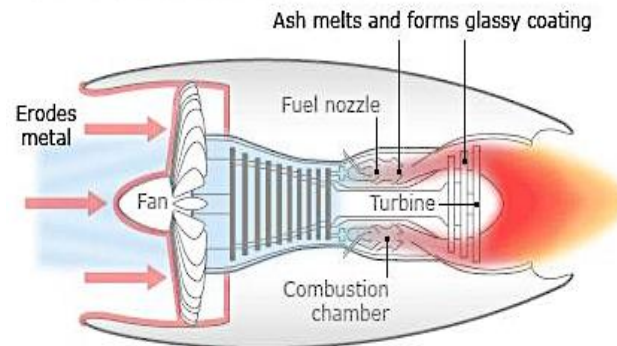
Impatto sul traffico aereo

Ash abrasion on leading edges

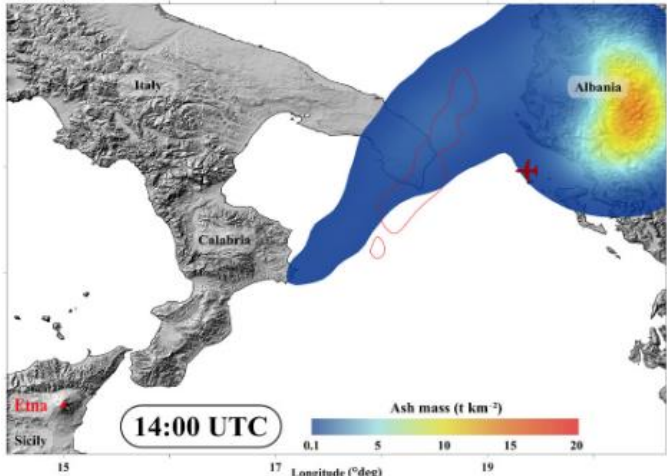
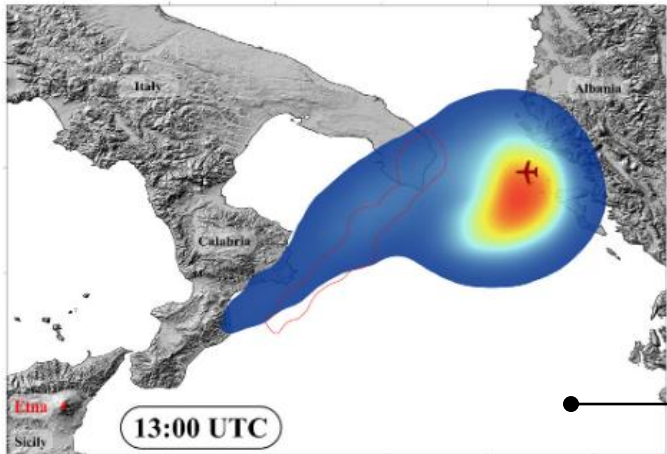
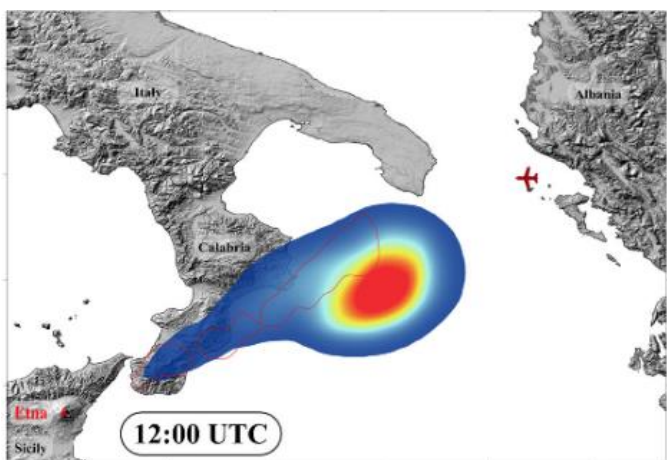


*le ceneri vulcaniche sono composte in gran parte da **particelle di vetro** molto abrasive che possono danneggiare le coperture e le componenti meccaniche degli aerei*

Ash clogs fuel system and cooling system



Quando entrano nei motori le ceneri fondono e si ridepositano formando un film può comprometterne il funzionamento



La previsione della **dispersione di ceneri** vulcaniche in atmosfera durante un'eruzione ha un ruolo fondamentale nella gestione del traffico aereo. I **modelli di dispersione** delle ceneri si basano su parametri derivati dallo studio di eruzioni note.

eruzione del 23 Novembre 2013 dell'Etna, la colonna eruttiva alta 10 km che si propaga verso NE

Poret et al., 2018

Grazie!



Etna, febbraio 2021