

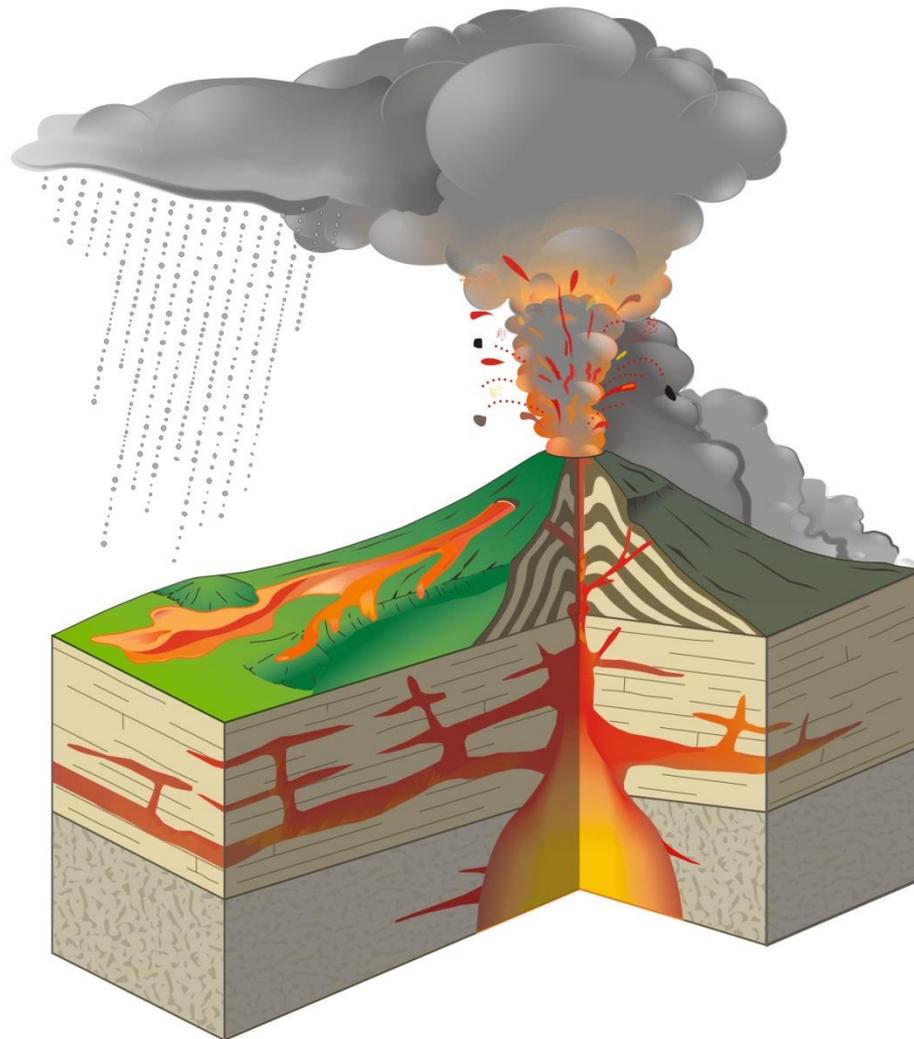


Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia-
Sezione di Pisa

Spina Cianetti
Mattia de' Michieli Vitturi
Patrizia Landi

Che cosa è un vulcano?

Fenditura profonda della crosta terrestre, dalla quale fuoriescono lava, lapilli, ceneri, acque, vapori e gas ad alta temperatura



Classificazione attività eruttiva

- eruzioni effusive
- eruzioni esplosive



Eruzioni Effusive

Sono eruzioni dove il magma esce dal vulcano sotto forma di fiumi di lava, detti anche COLATE LAVICHE



La lava è fluida e con poco gas e si muove seguendo la pendenza del terreno.



Etna



Etna

Tipi di COLATE di LAVA

Le colate di lava sono sempre molto compatte nella parte più interna, ma la loro superficie può avere forme molto diverse

Colata di lava Aa: a blocchi spigolosi.

Si origina da una colata di lava che si muove lentamente (magma viscoso)
Camminare sopra una colata Aa è davvero difficile!



Il nome Aa deriva da un termine hawaiano, che significa "dove non si può camminare a piedi nudi".



Colata di lava Pahoehoe: con superficie liscia e piccole increspature.

Si origina da una colata di lava fluida, che si muove velocemente (magma poco viscoso)

Camminare sopra una colata pahoehoe è facile!



Il nome deriva da un termine hawaiano, che significa "dove si può camminare a piedi nudi".

Lava a corda: è un tipo di colata pahoehoe con superficie molto increspata.
Si origina da una colata di lava fluida (magma poco viscoso).
Camminare sopra una colata a corde è abbastanza facile!



Eruzioni Esplosive

Nelle eruzioni esplosive il magma fuoriesce dal cratere come un getto di gas che contiene magma e pezzi di roccia. I frammenti di magma e roccia si chiamano PIROCLASTI.

All'aumentare dell'energia e quindi della quantità dei prodotti emessi le eruzioni esplosive si dividono in diverse classi, le più famose sono: Hawaiiiane, Stromboliane, Pliniane.

Eruzioni Strombolicane



Eruzioni Hawaiane

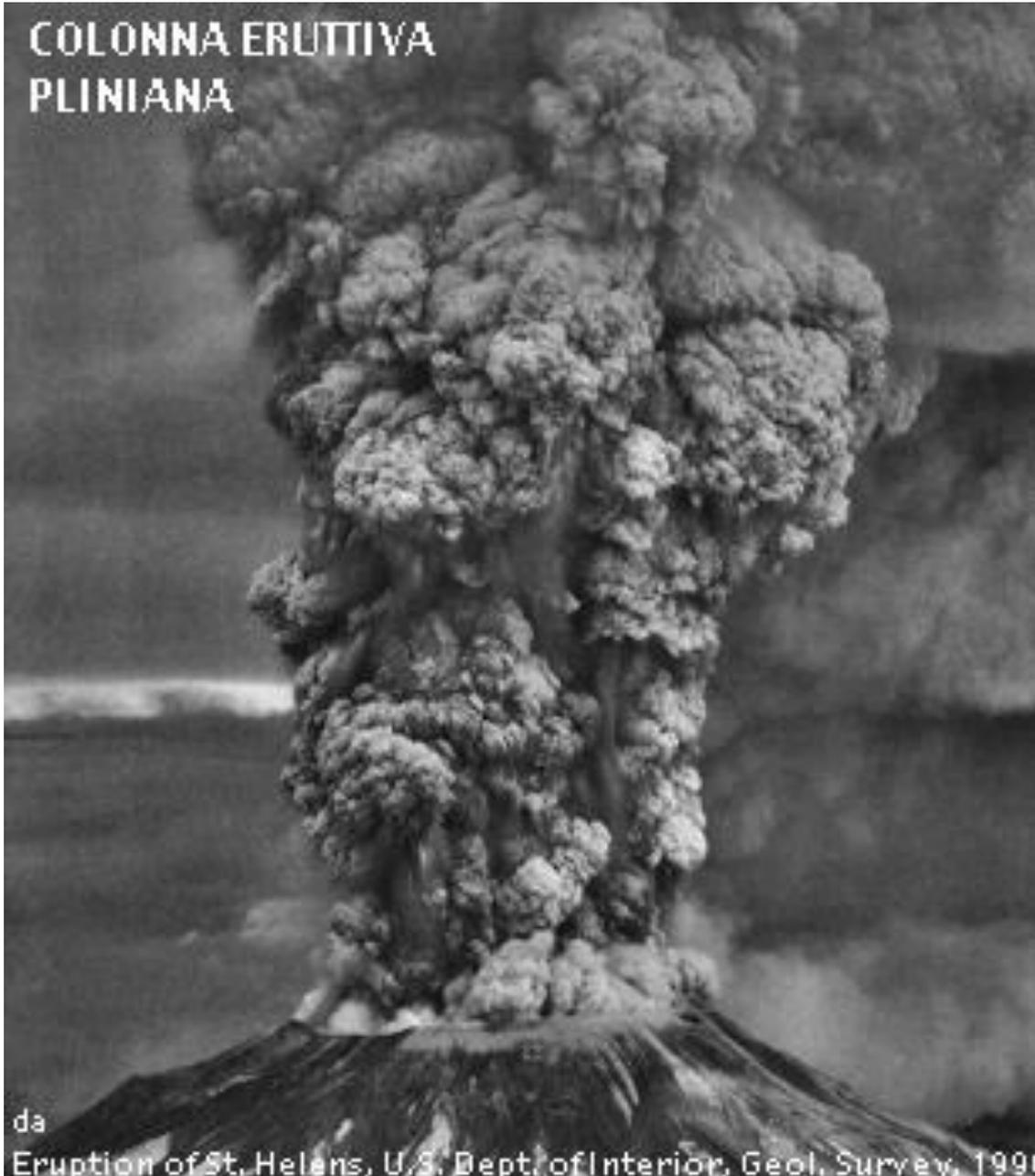


Foto di J. D. Griggs USGS

Eruzioni pliniane



COLONNA ERUTTIVA
PLINIANA



**Monte St. Helens
(USA), 1980**

da

Eruption of St. Helens, U.S. Dept. of Interior, Geol. Survey, 1990



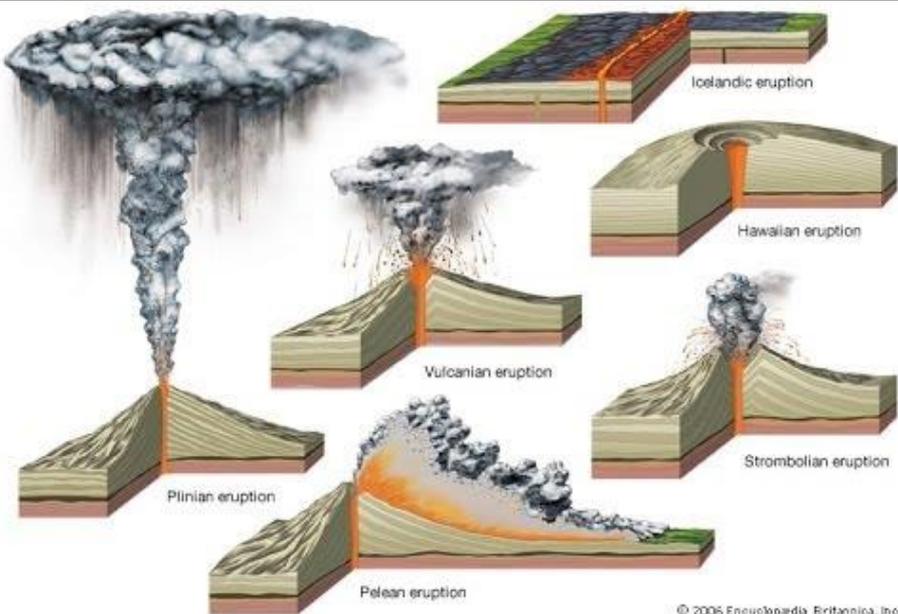


Flusso piroclastico

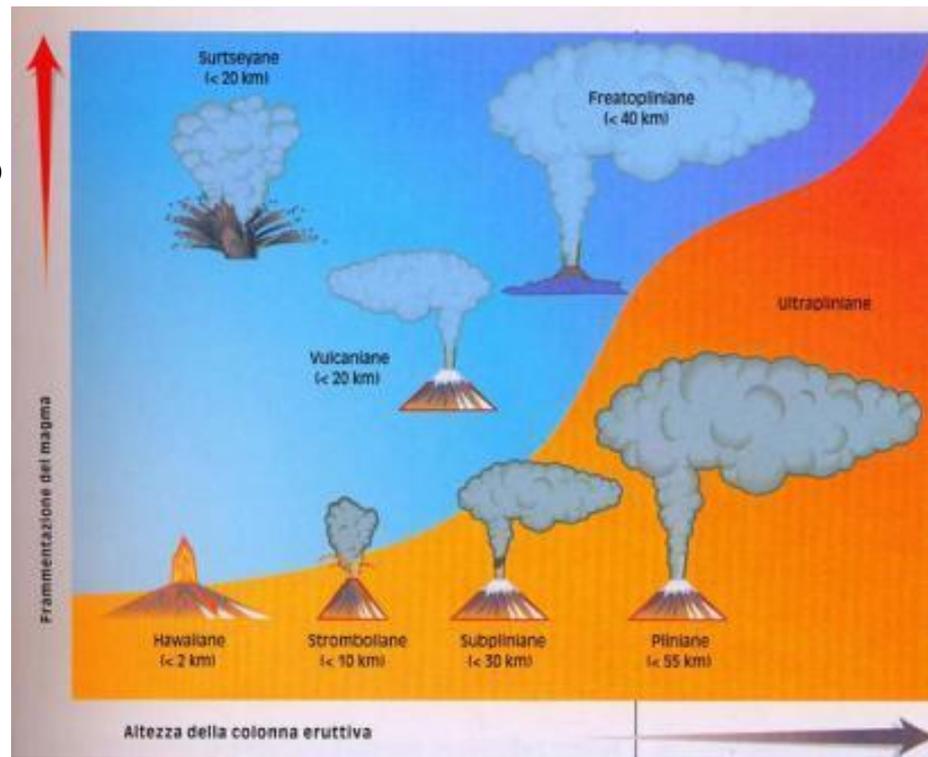
Monte St. Helens (USA), 1980



Eruzione esplosiva con colonna sostenuta. Alla base si vedono flussi piroclastici che scendono lungo il versante



Frammentazione del magma



Altezza della colonna eruttiva

I prodotti delle eruzioni esplosive

Le eruzioni esplosive, chiamate anche eruzioni piroclastiche, producono frammenti di roccia con diversa dimensione (*piroclasti*) che formano sulla superficie terrestre accumuli di materiale più o meno caotici (*depositi piroclastici*).

I piroclasi, in base alla loro origine possono essere distinti in:

- **Juvenili** - quando derivano dal magma che provoca l'eruzione.
- **Litici** - sono frammenti solidi di varia natura (magmatici e non) dal condotto vulcanico o dalle rocce incassanti (rocce della crosta che ospitano il magma).

I frammenti **juvenili** possono essere fatti di pomice o scoria:

Pomice – roccia chiara con molte bolle di aria (vescicole). La grande abbondanza di vescicole le rendono molto leggere. La pomice è l'unica roccia che galleggia in acqua.



Scoria – roccia scura con superficie spigolosa e tagliente. Contiene molte vescicole ma è più pesante dell'acqua.



La roccia tipica delle eruzioni hawaiiane e stromboliane è la scoria



Pele è la dea dei vulcani hawaiani

Queste eruzioni lasciano sul terreno accumuli di bombe e lapilli scoriacei e poca cenere

Alcuni prodotti tipici delle eruzioni hawaiiane sono i capelli di Pele e le bombe a fuso o a nastro





Pantelleria: cono di scorie (da attività stromboliana)



Stromboli

Bomba scoriacea

Stromboli



Bomba scoriacea

Capelli di Pele e Lacrime di Pele



Bombe a fuso e a nastro



Eruzioni pliniane



La roccia tipica delle eruzioni pliniane è la pomice



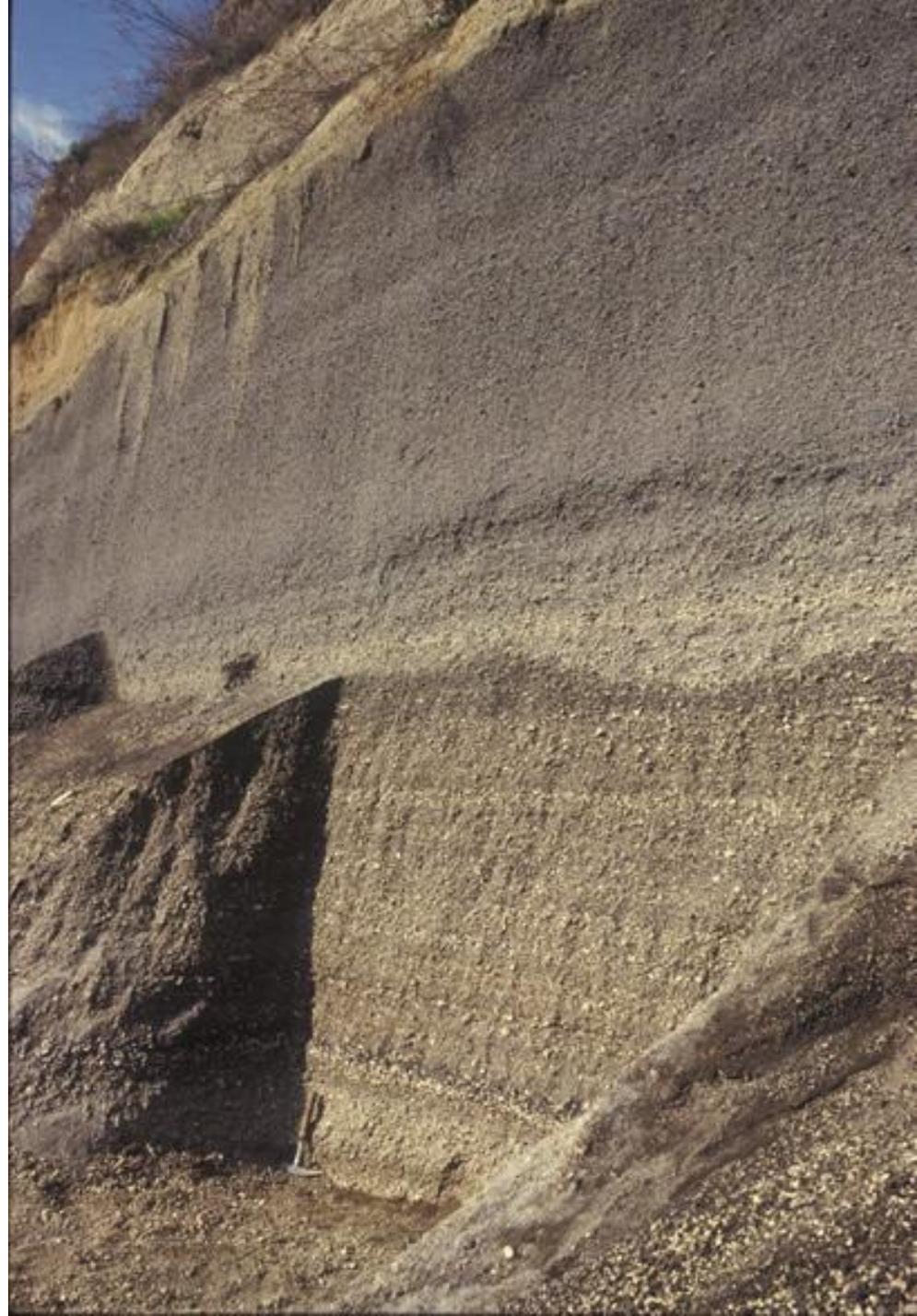
I depositi delle eruzioni pliniane sono di due tipi:

- deposito di caduta**
- deposito di flusso piroclastico**

La pioggia di pomice forma i DEPOSITI DI RICADUTA

Una caratteristica dei depositi da caduta è quella di **mantellare** la topografia esistente prima dell'eruzione con uno spessore uniforme, come una nevicata che ricopre un terreno

Deposito di ricaduta
Vesuvio





DEPOSITI DI FLUSSO PIROCLASTICO

Sono accumuli caotici di cenere lapilli e bombe pomicei lasciati sul terreno dai flussi piroclastici.

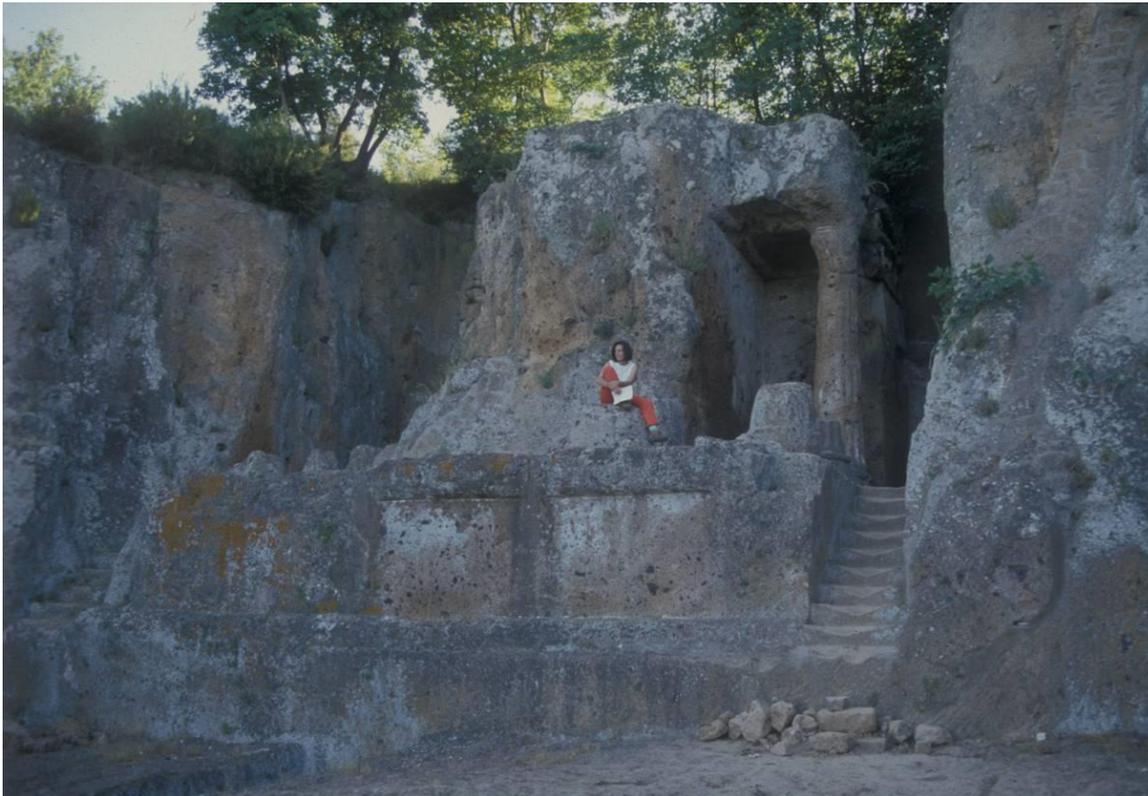
I flussi piroclastici, come le colate di lava, scorrono nelle valli e nelle depressioni del terreno, dove lasciano depositi che raggiungono spessori di decine di metri.

*Deposito di flusso piroclastico che riempie una valle
Ecuador: vulcano Quilotoa*



I depositi di flusso piroclastico, possono consolidarsi formando il **tufo**.

Il **tufo** è una roccia porosa e piuttosto leggera usata fin dall'antichità come materiale da costruzione.

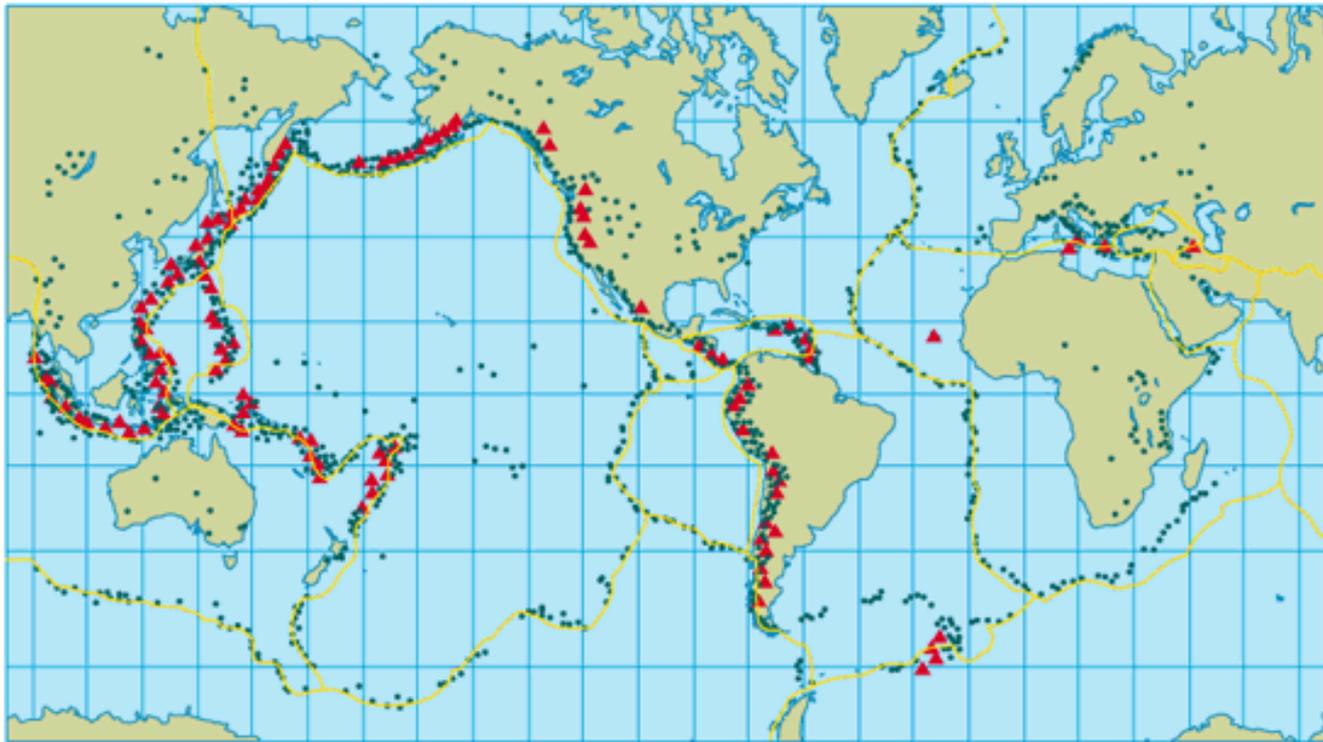


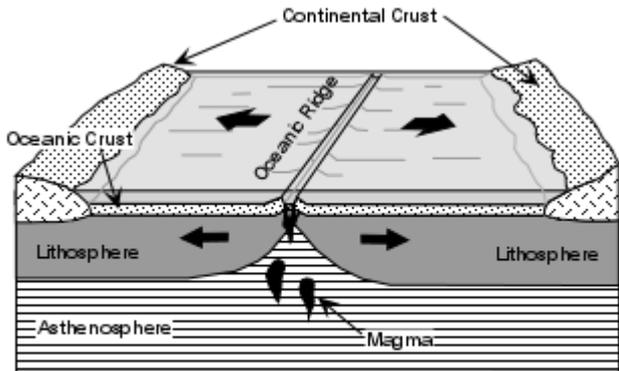
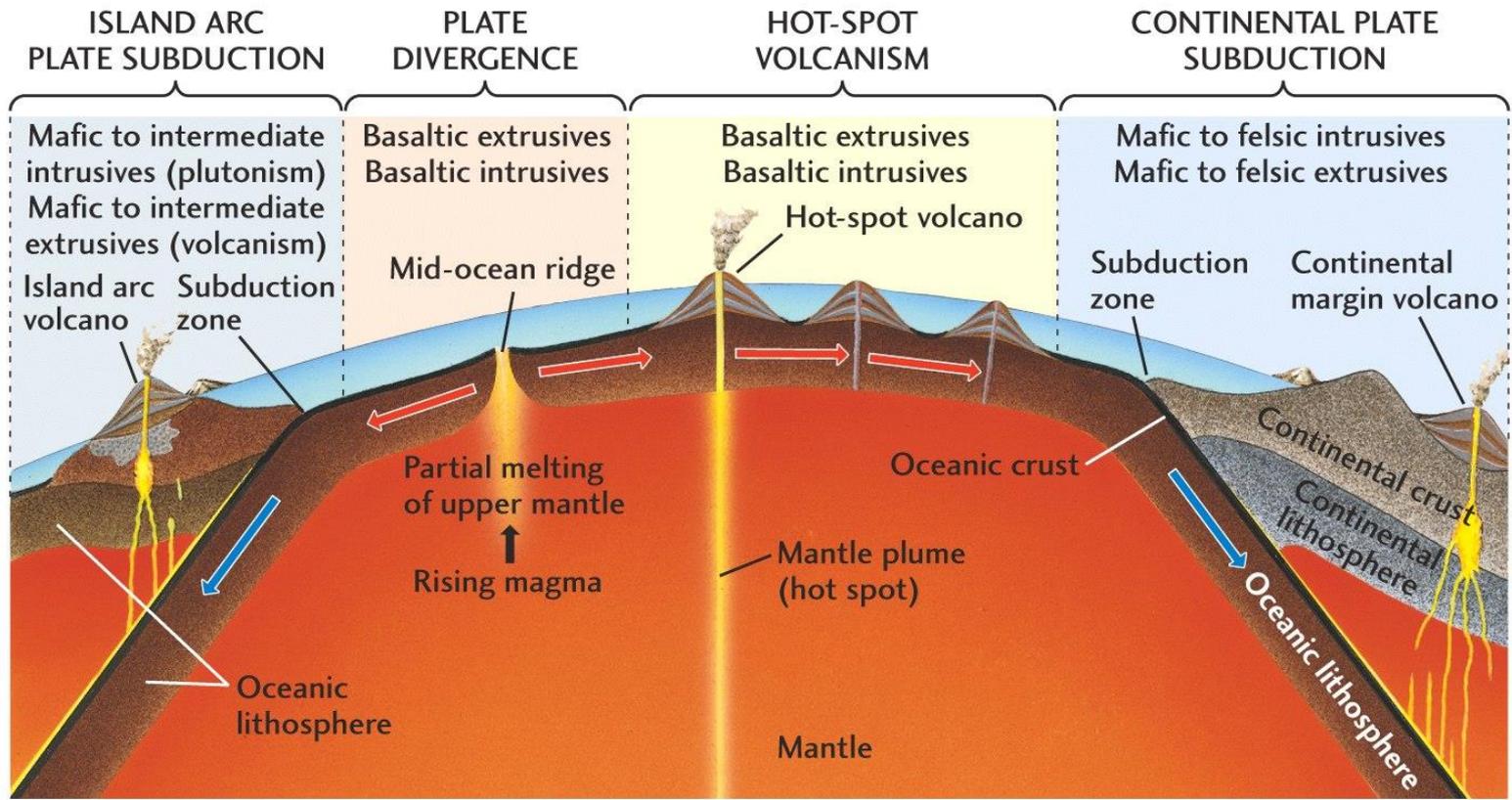
*Tomba etrusca scavata nel tufo
Necropoli etrusca di Sovana*



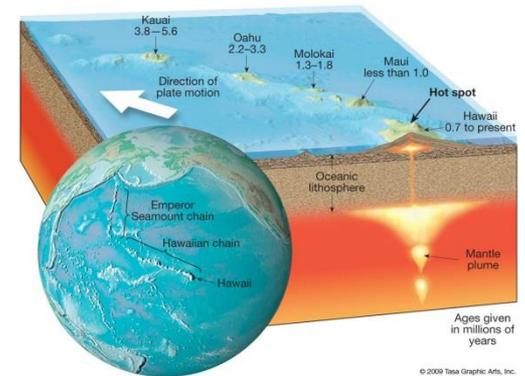
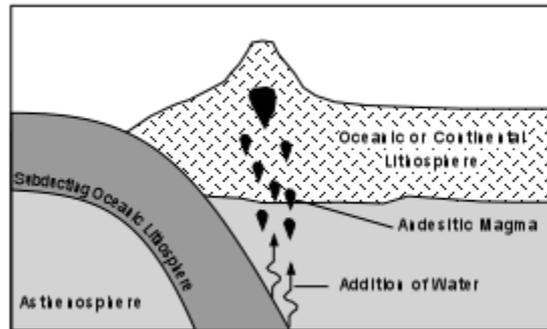
L'origine del magma

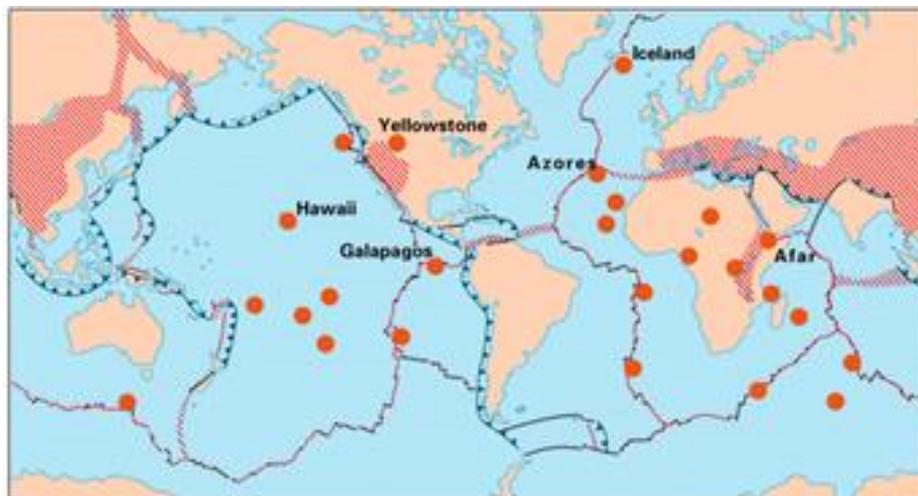
Distribuzione dei vulcani nel mondo





Diverging Plate Boundary
 Oceanic Ridge - Spreading Center





EXPLANATION

— Divergent plate boundaries—
Where new crust is generated
as the plates pull away from
each other.

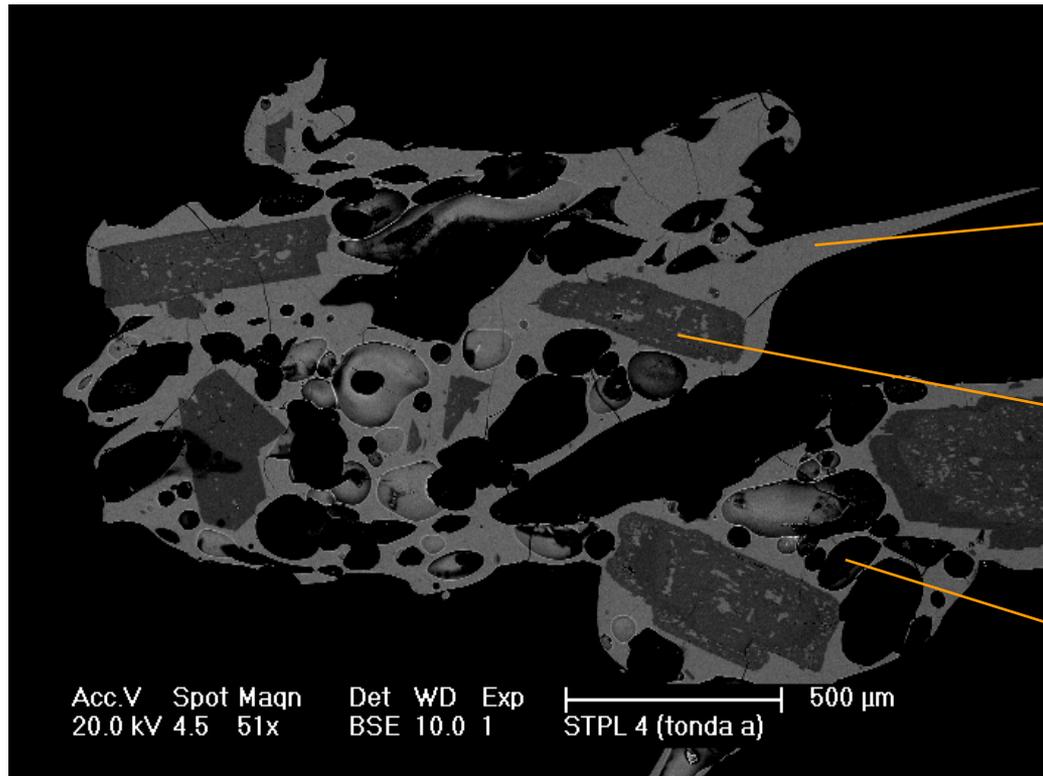
— Convergent plate boundaries—
Where crust is consumed in the
Earth's interior as one plate
dives under another.

— Transform plate boundaries—
Where crust is neither produced
nor destroyed as plates slide
horizontally past each other.

Plate boundary zones—Broad
belts in which deformation is
diffuse and boundaries are not
well defined.

● Selected prominent hotspots

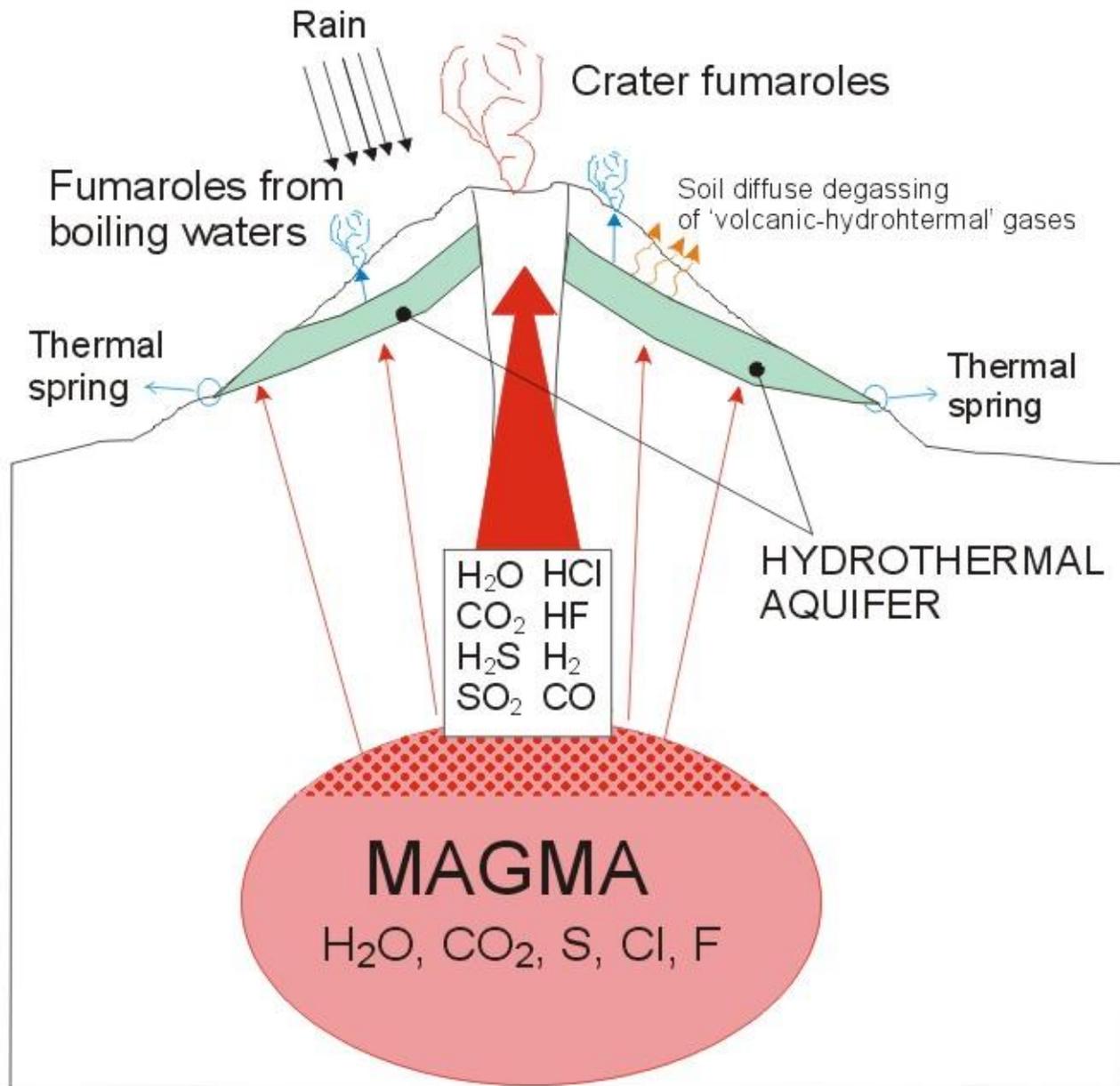
Il magma è un materiale fuso formato da una miscela di una fase liquida, fasi solide (minerali) e fasi gassose.

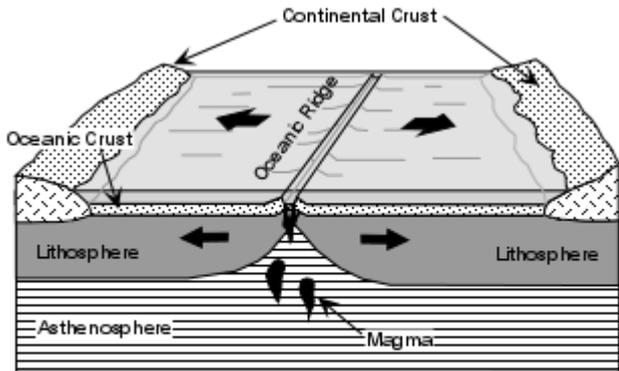
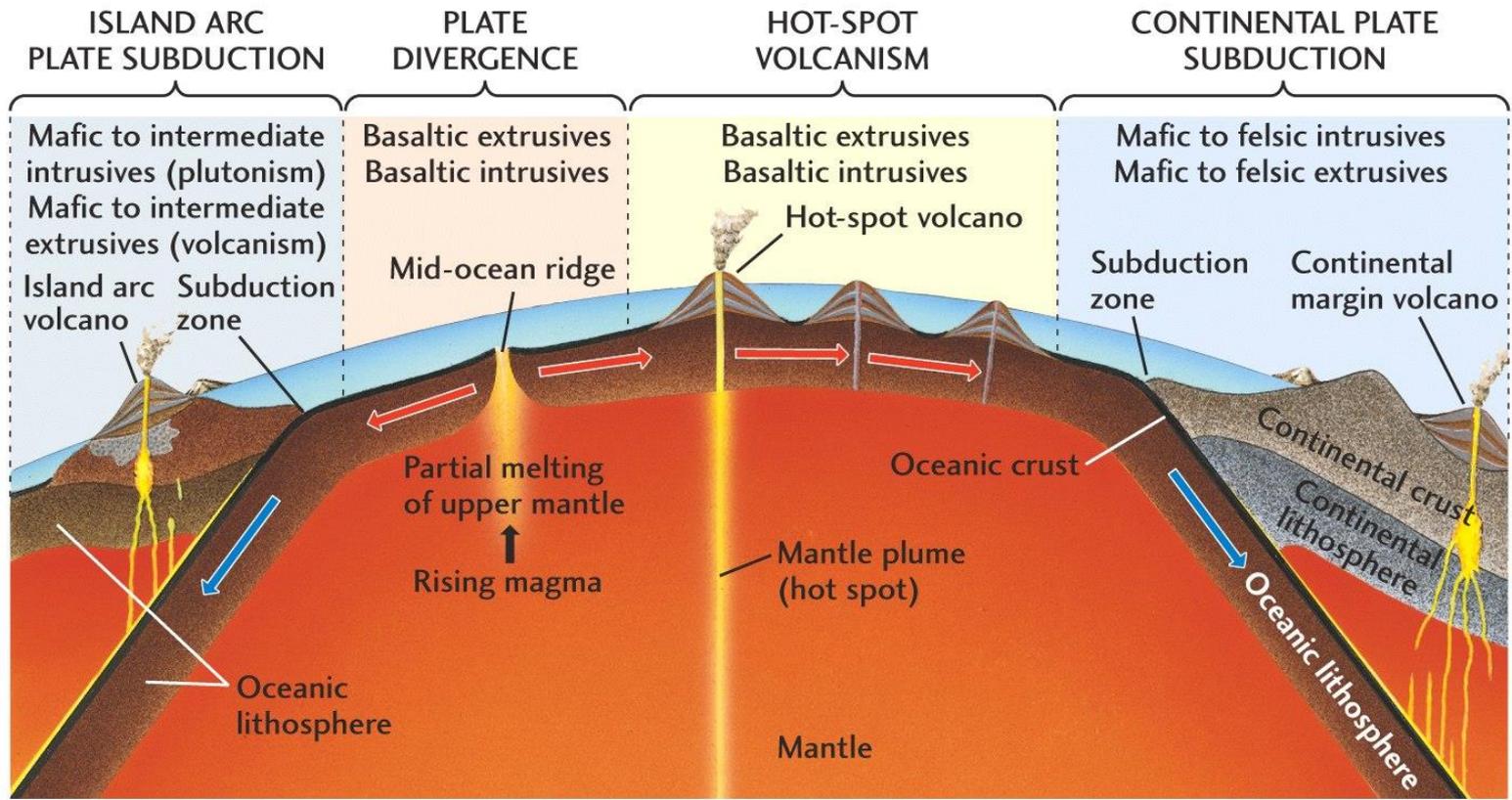


vetro – liquido

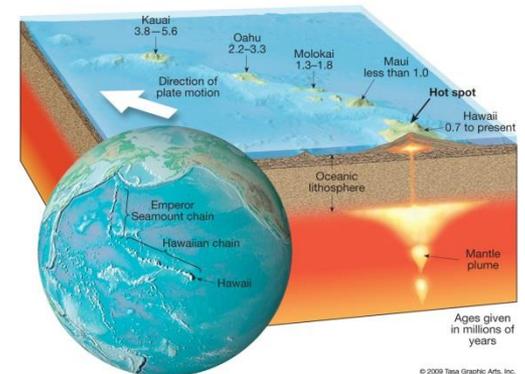
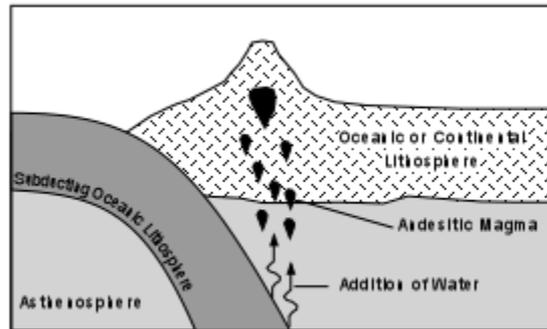
cristalli di minerali - solido

vescicole - gas





Diverging Plate Boundary
 Oceanic Ridge - Spreading Center



Perché risale il magma?

(1)

Il magma risale perché è meno denso del materiale circostante



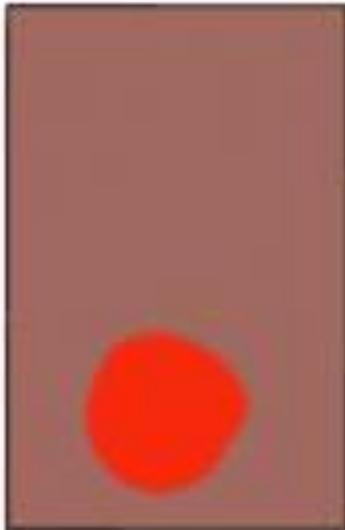
(2)

Il magma risale perché la pressione sopra la camera magmatica è diminuita



Senza eruzione

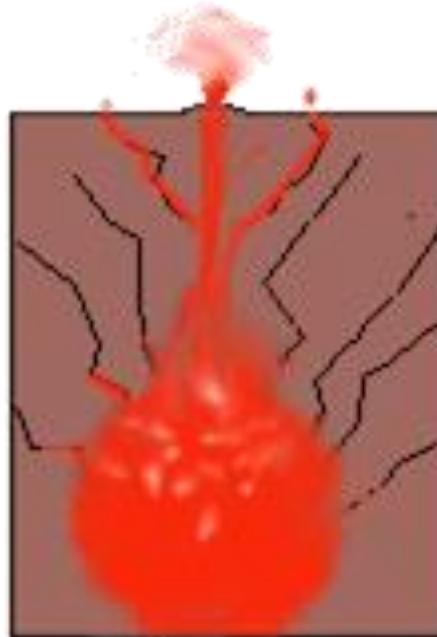
la pressione delle rocce incassanti è uguale alla pressione nella camera magmatica



Con eruzione

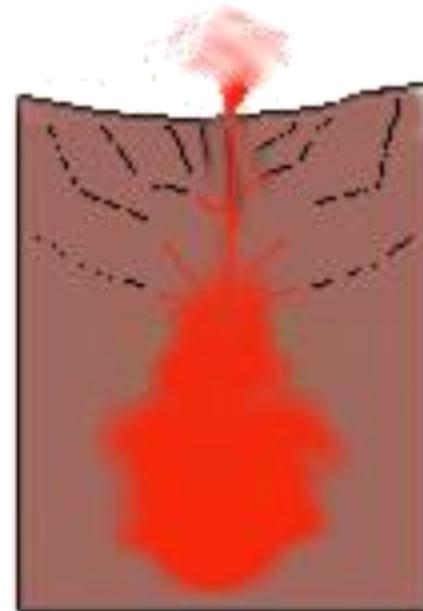
AUMENTA

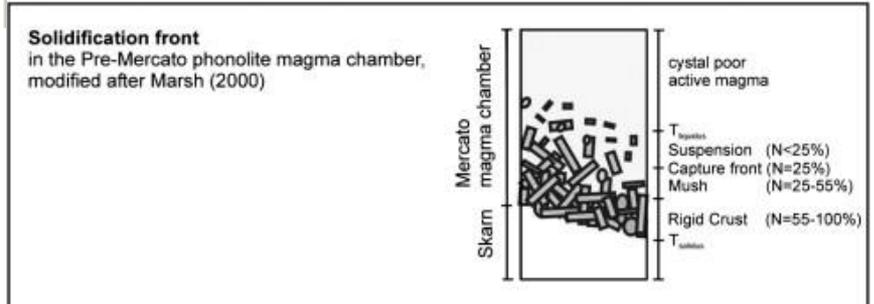
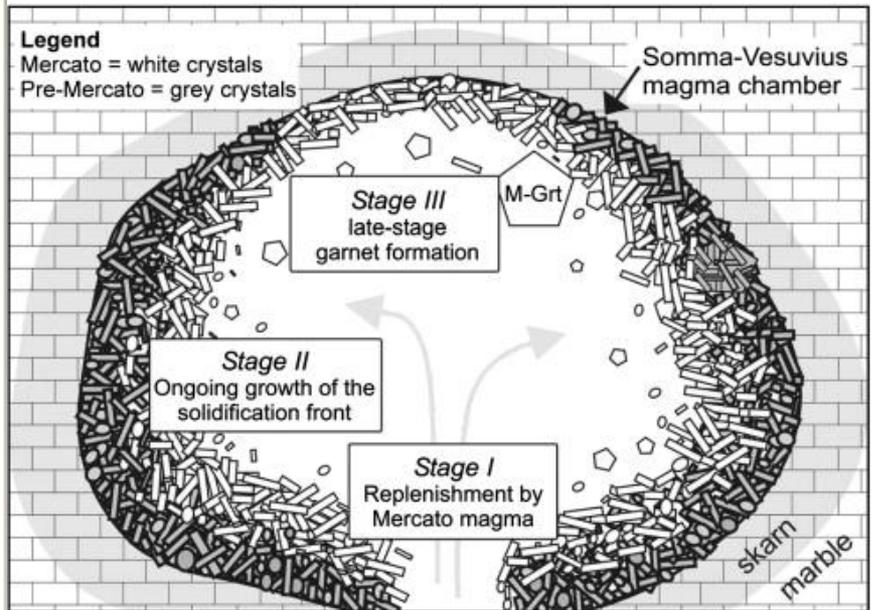
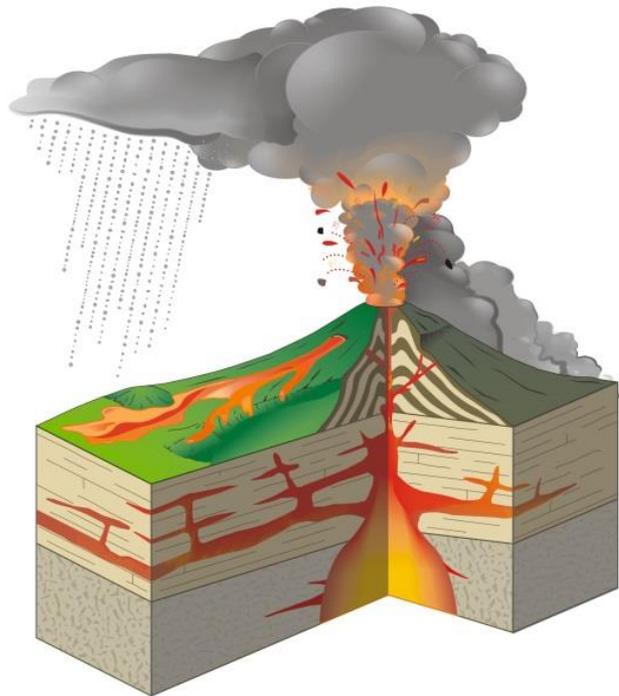
la pressione nella camera magmatica
(es. arrivo di nuovo magma, essoluzione di gas)

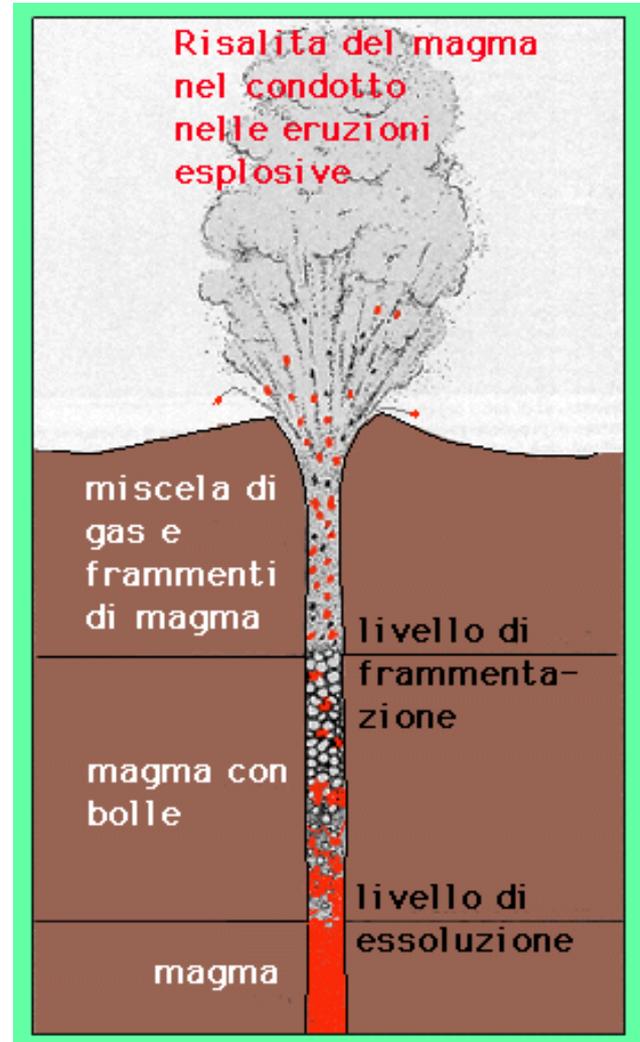
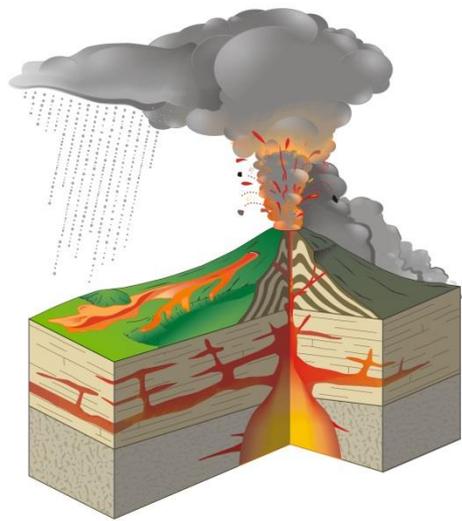


DIMINUISCE

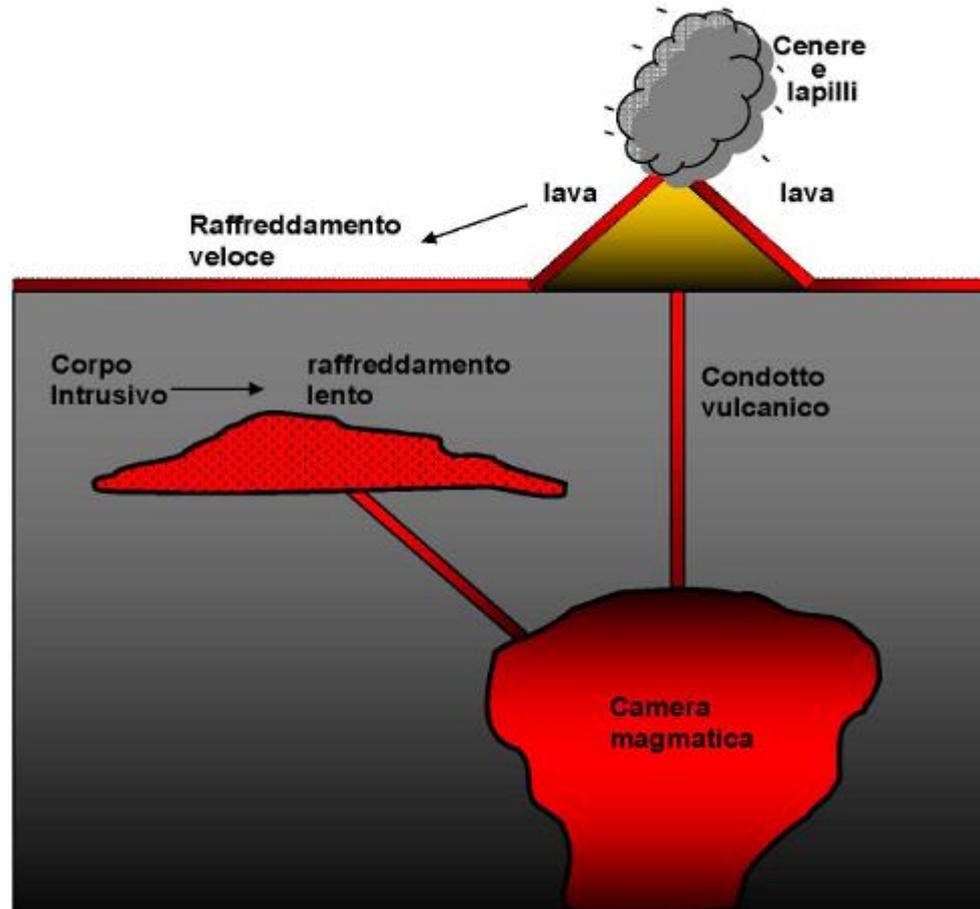
la pressione delle rocce incassanti
(es. distensione, fratturazione della crosta)







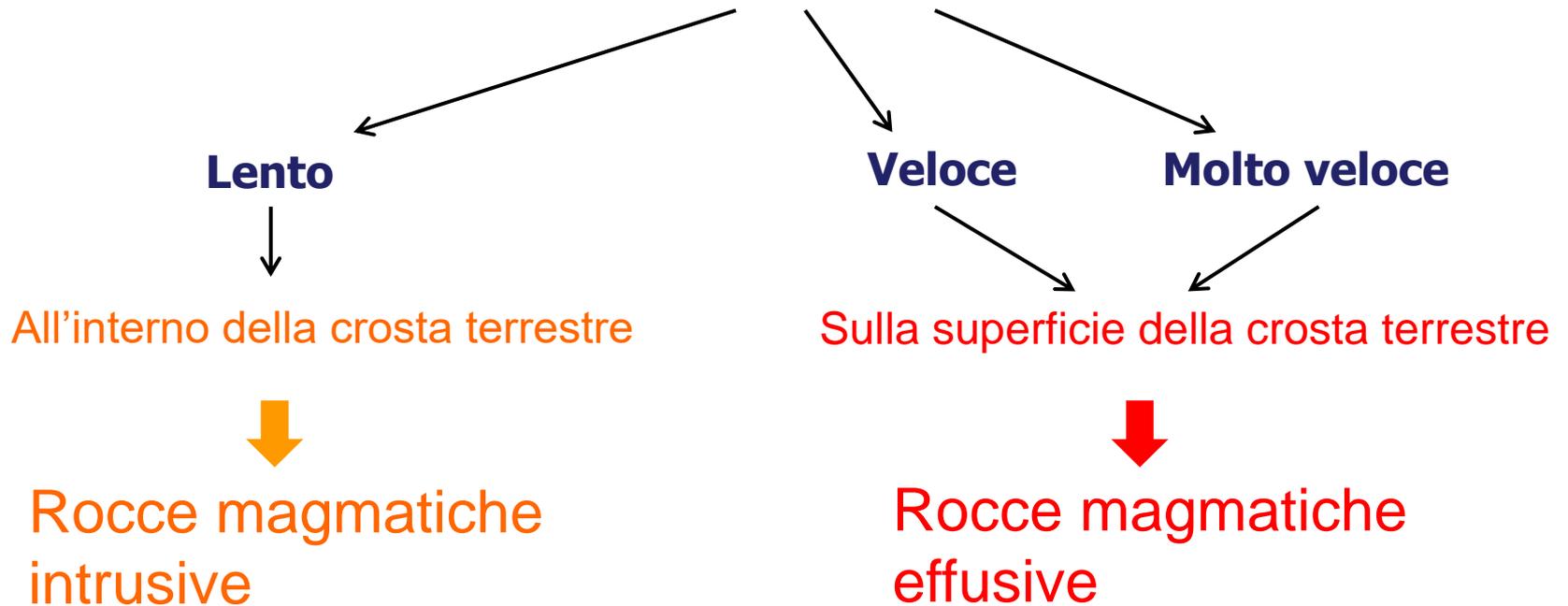
Classificazione delle rocce ignee sulla base della loro composizione

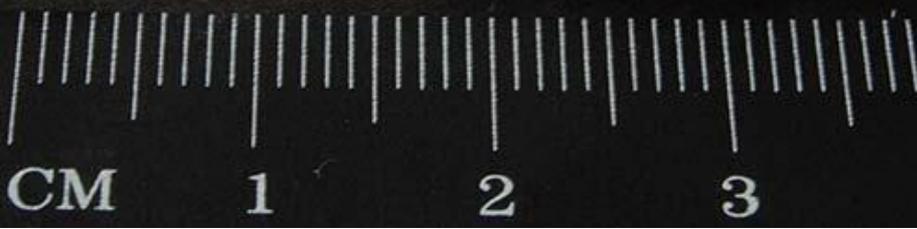


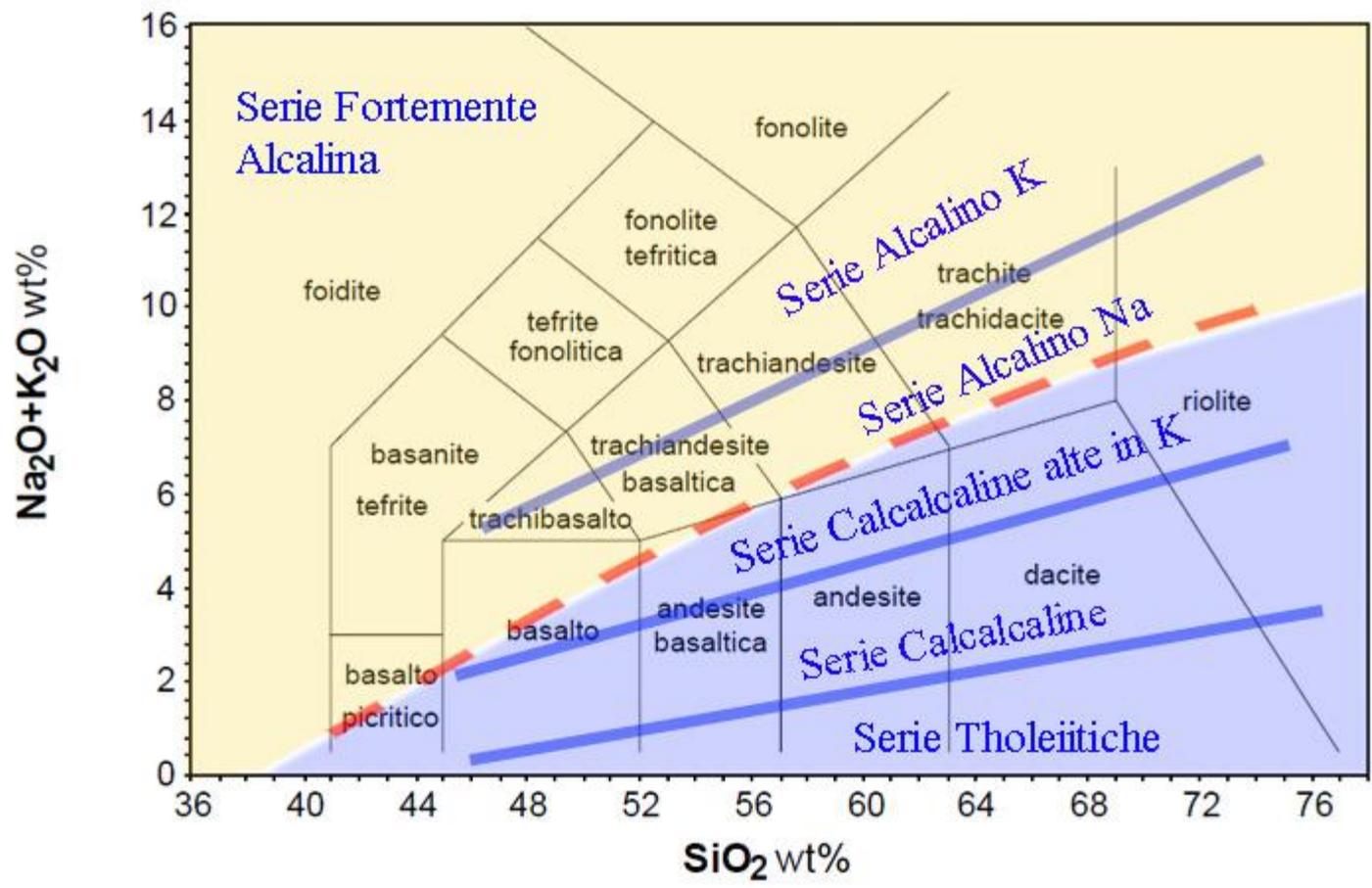
processo magmatico

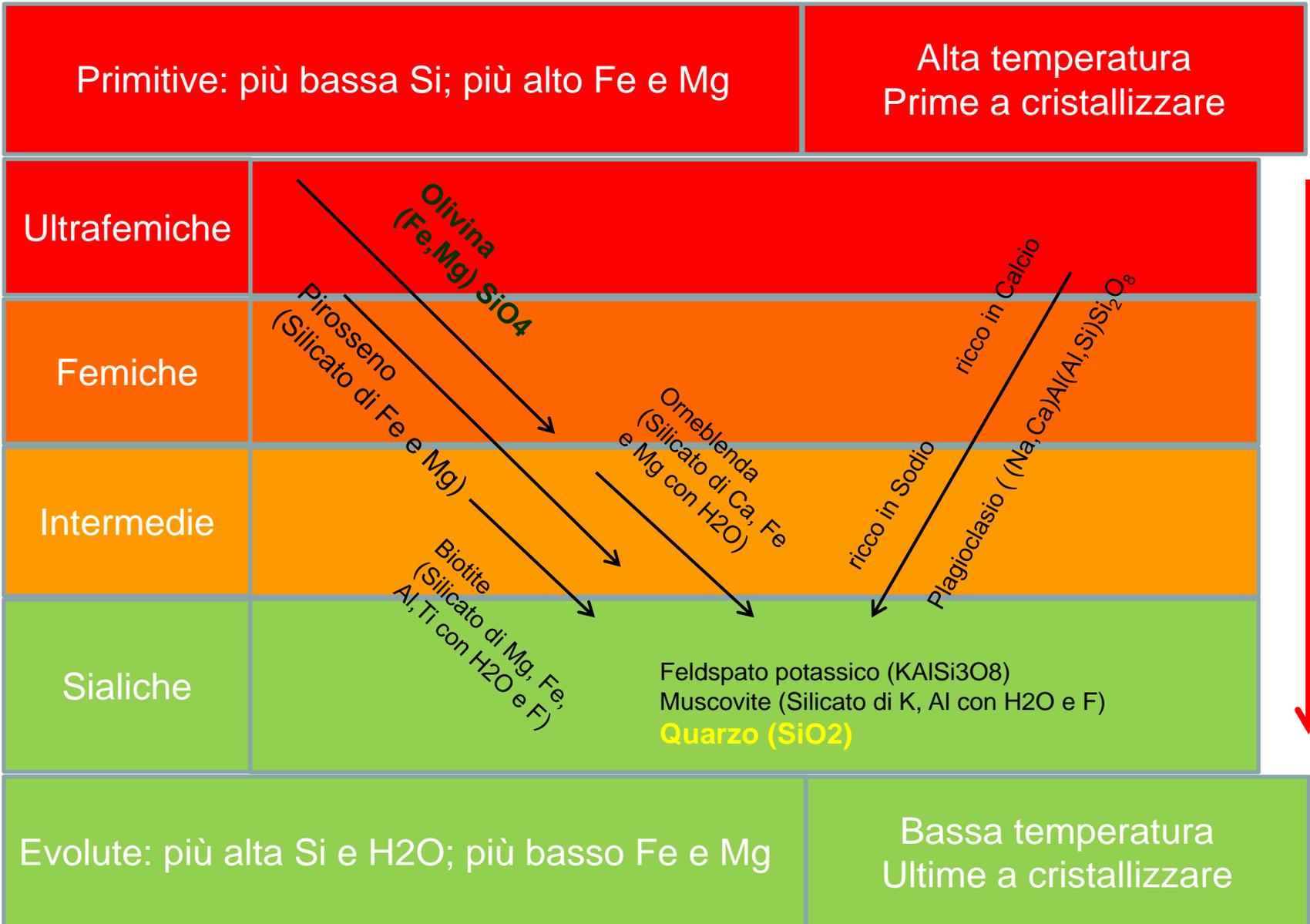
Cosa è? **Consiste nel raffreddamento del magma**

Come può essere? **Il raffreddamento può essere**









Raffreddamento del magma

Composizione chimica delle rocce vulcaniche

		<i>Tholeiitic basalt</i>	<i>Alkali basalt</i>		<i>Metaluminous</i>	<i>Peralkaline</i>
	<i>Peridotite</i>	<i>MORB</i>	<i>OIB</i>	<i>Andesite</i>	<i>Rhyolite</i>	<i>Rhyolite</i>
SiO ₂	44,2	48,77	47,52	59,89	67,89	70,87
TiO ₂	0,13	1,15	3,29	0,95	0,45	0,1
Al ₂ O ₃	2,05	15,9	15,95	17,07	14,49	14,78
Fe ₂ O ₃	0,75	1,33	3,16	3,31	1,27	2,64
FeO	7,54	8,62	8,91	3	2,57	
MnO	0,13	0,17	0,19	0,12	0,08	0,06
MgO	42,21	9,67	5,18	3,25	1,75	0,1
CaO	1,92	11,16	8,96	5,67	3,78	0,34
Na ₂ O	0,27	2,43	3,56	3,95	2,95	6,47
K ₂ O	0,06	0,08	1,29	2,47	3,05	4,19
P ₂ O ₅	0,03	0,09	0,64	0,31	0,11	0,02
H ₂ O ₋		0,3	1,16			0,33
F (ppm)		210	1150			
Total	99,29	99,67	99,81	99,99	98,39	99,9

Magmi BASICI

Magmi ACIDI



Tipi di edifici vulcanici

Vulcani monogenici

Vulcani poligenici

VULCANI A SCUDO

Si formano da eruzioni effusive con colate di lava molto fluida; hanno in pianta una forma allargata e fianchi poco inclinati (in generale fra 2° e 10°, raramente più di 15°).

STRATO-VULCANI

Quando un vulcano è formato dalla sovrapposizione di prodotti eruttati sia da eruzioni esplosive che da eruzioni effusive, viene chiamato strato-vulcano (o vulcano composito).

I fianchi di questi vulcani hanno pendii molto ripidi e non è raro individuare i resti di precedenti crateri parzialmente distrutti dalle fasi esplosive più intense. Le dimensioni sono spesso rilevanti, ma inferiori a quelle dei vulcani a scudo.

Duomi lavici

Quando durante un'eruzione viene emessa una lava tanto viscosa da non riuscire a scorrere, questa si accumula vicino alla bocca eruttiva e forma dei rilievi a cupola detti duomi lavici.

Coni di scorie

Sono apparati costituiti prevalentemente da scorie vulcaniche, con fianchi molto ripidi, oltre 30°, che tendono ad appiattirsi in tempi brevi, essendo formati da materiale incoerente

L'altezza dei coni di scorie può variare da 30 a 300 m. La forma in pianta è quasi circolare o asimmetrica se il centro eruttivo si sposta lungo una frattura.

Questi vulcani si formano nel corso di eruzioni moderatamente esplosive, come le stromboliane e le fasi a fontane di lava delle hawaiane. Le eruzioni durano da pochi giorni a pochi anni.

Coni di tufo

Sono strutture vulcaniche formate prevalentemente da cenere consolidata, con fianchi inclinati oltre i 25° , con un rapporto fra altezza e diametro dell'ordine di 1/10.

Coni di cenere

Sono vulcani con le stesse caratteristiche dei coni di tufo, ma costituiti prevalentemente da ceneri non consolidate.

Anello di tufo

E' costituito da ceneri consolidate, ha fianchi poco inclinati (pendenza inferiore a $10-12^\circ$) e rapporto fra altezza e diametro compreso fra 1/10 e 1/30. La sua formazione è collegata a eruzioni in cui il magma interagisce con acqua di falda.

Anelli di cenere

Sono costituiti da materiale fine non consolidato. Sono simili ai coni di cenere, ma presentano un diametro molto più ampio rispetto all'altezza dei fianchi.

Vulcani con forma «negativa»

Maar

Sono un tipo di anello di tufo con la caratteristica di avere il fondo del cratere al di sotto del piano campagna e una forma rotondeggiante, notevolmente più ampia che profonda.

CALDERE

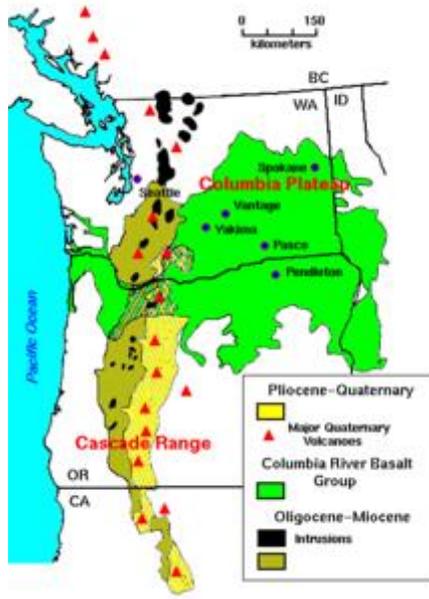
Sono estese depressioni con forma tondeggiate e diametro di diversi chilometri (fino a 50 Km).

Quando viene eruttata una grande quantità di magma in breve tempo, il serbatoio nel quale il magma era accumulato prima dell'eruzione si trova in parte svuotato e le rocce che vi stanno intorno possono fratturarsi e crollarvi dentro.

Le eruzioni in cui il magma viene emesso rapidamente e in grandi quantità sono quelle esplosive pliniane e ultra-pliniane.

Plateau Basaltici

Columbia Plateau
174 000 km³



Deccan Flood Basalt Province
1-2 10⁶ km³



Durata attività circa
1 milione di anni



Mauna Loa (Hawaii)



Mauna Kea (Hawaii)



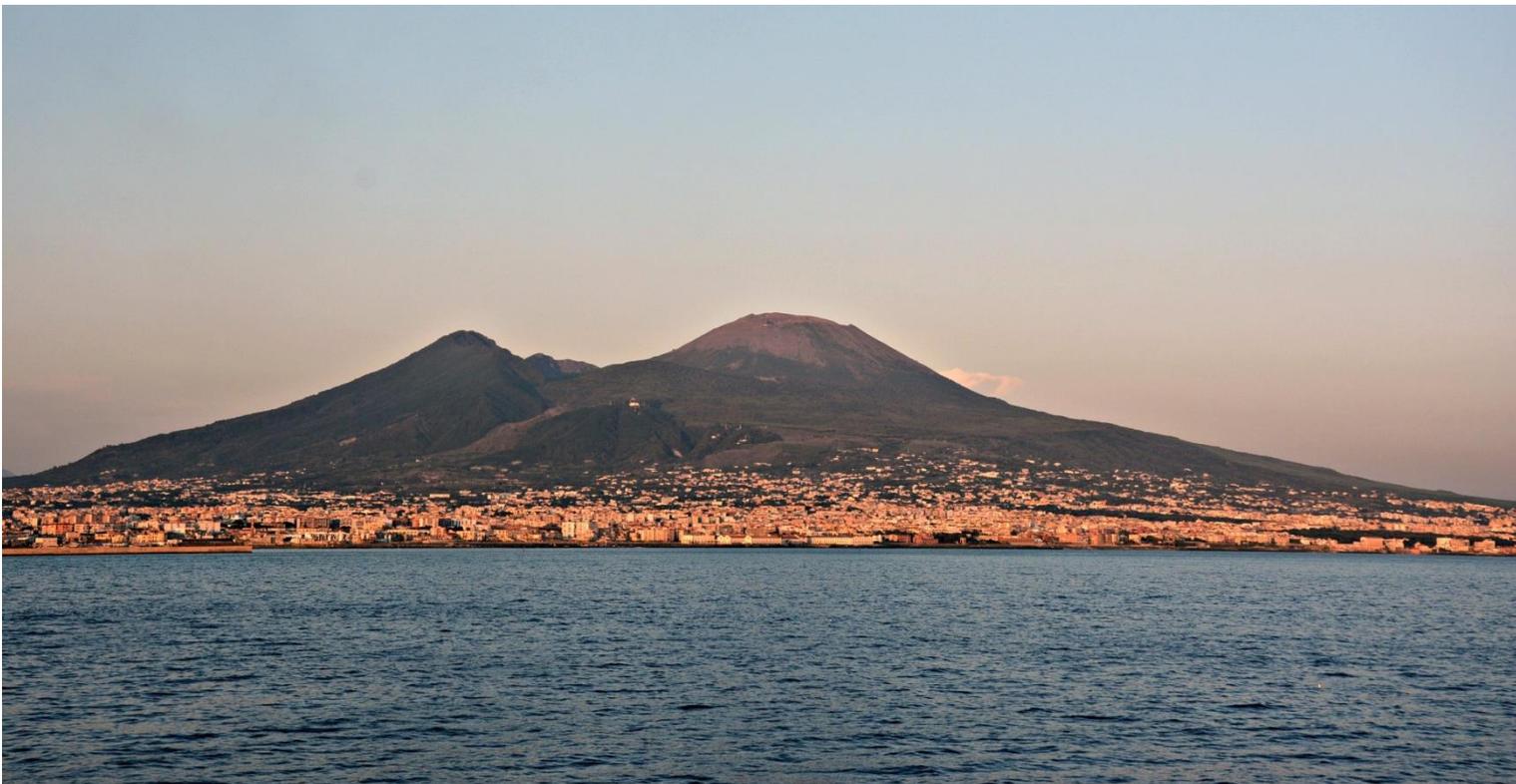
Etna



Stromboli



V
e
s
u
v
i
o



The Three Sisters (Oregon)



Reventador (Cile)



Pico de Orizaba (Messico)



Etna



Pantelleria



coni monogenici (Lanzarote)



Etna



Islanda



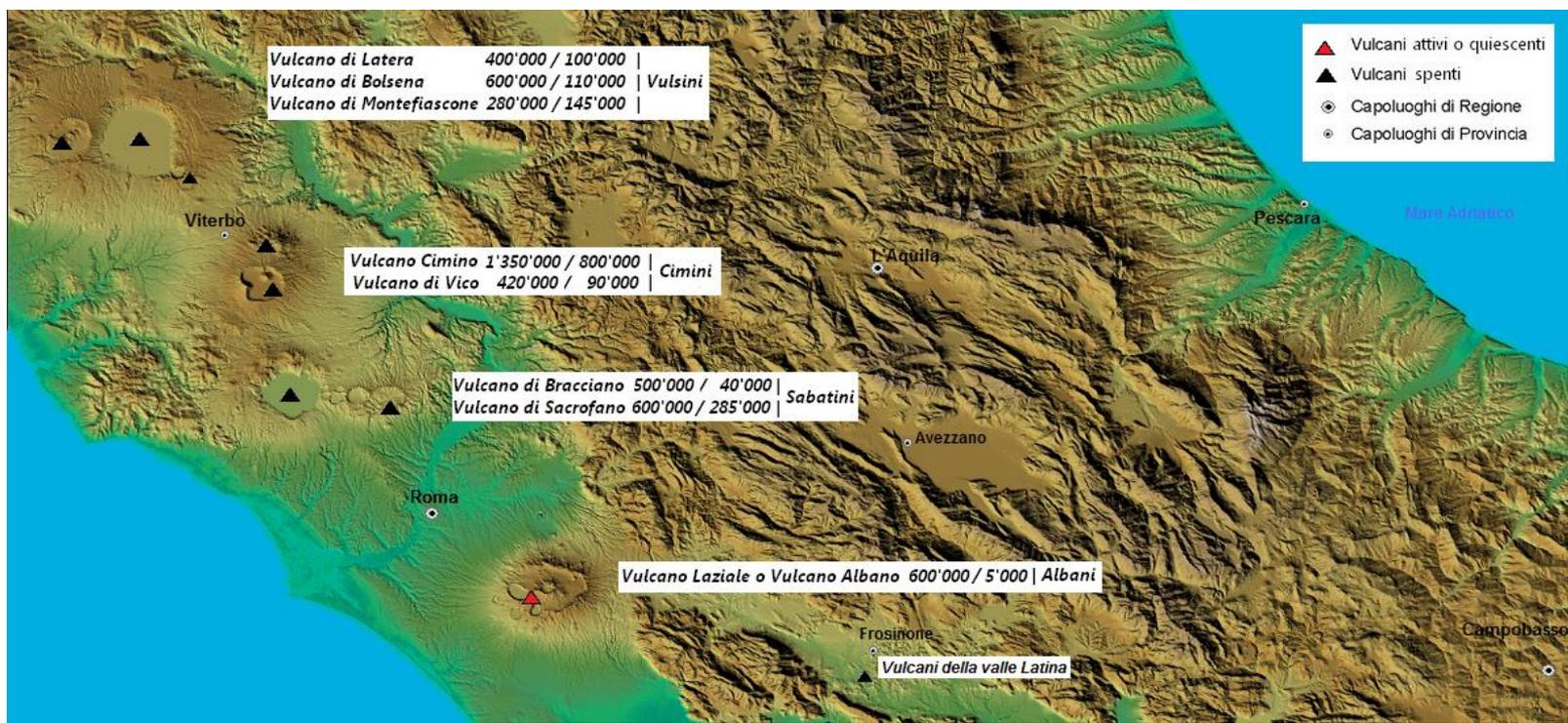


Maar



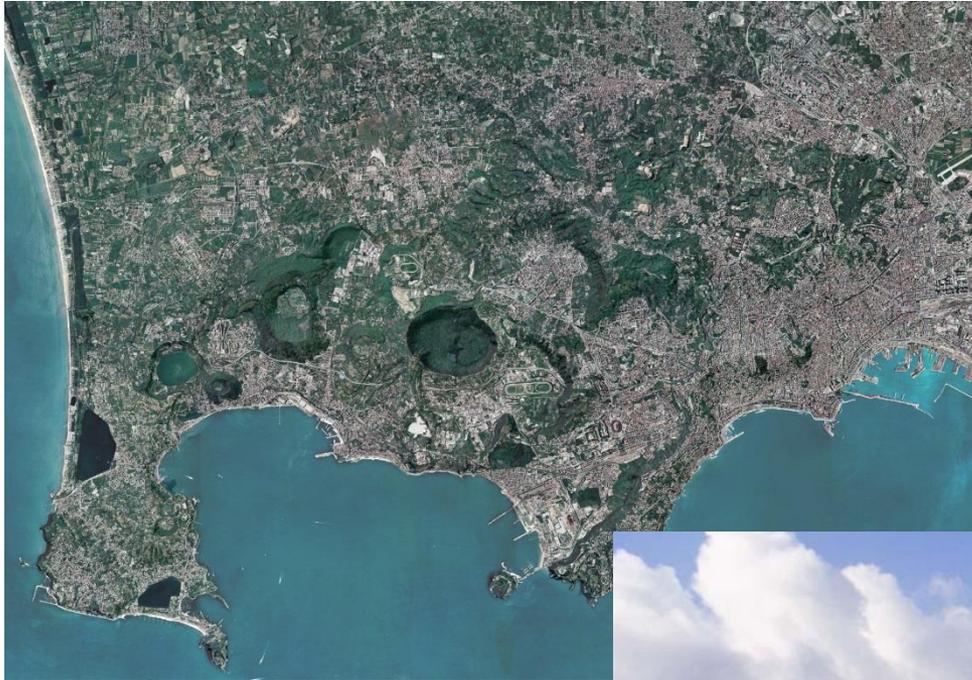


Caldera di Aniakchak (Alaska), formata durante un'enorme eruzione esplosiva che emise più di **50 km³ di magma** circa 3.450 anni fa. La caldera ha un diametro di 10 km e una profondità di 500-1000 m.



Lago di Bolsena



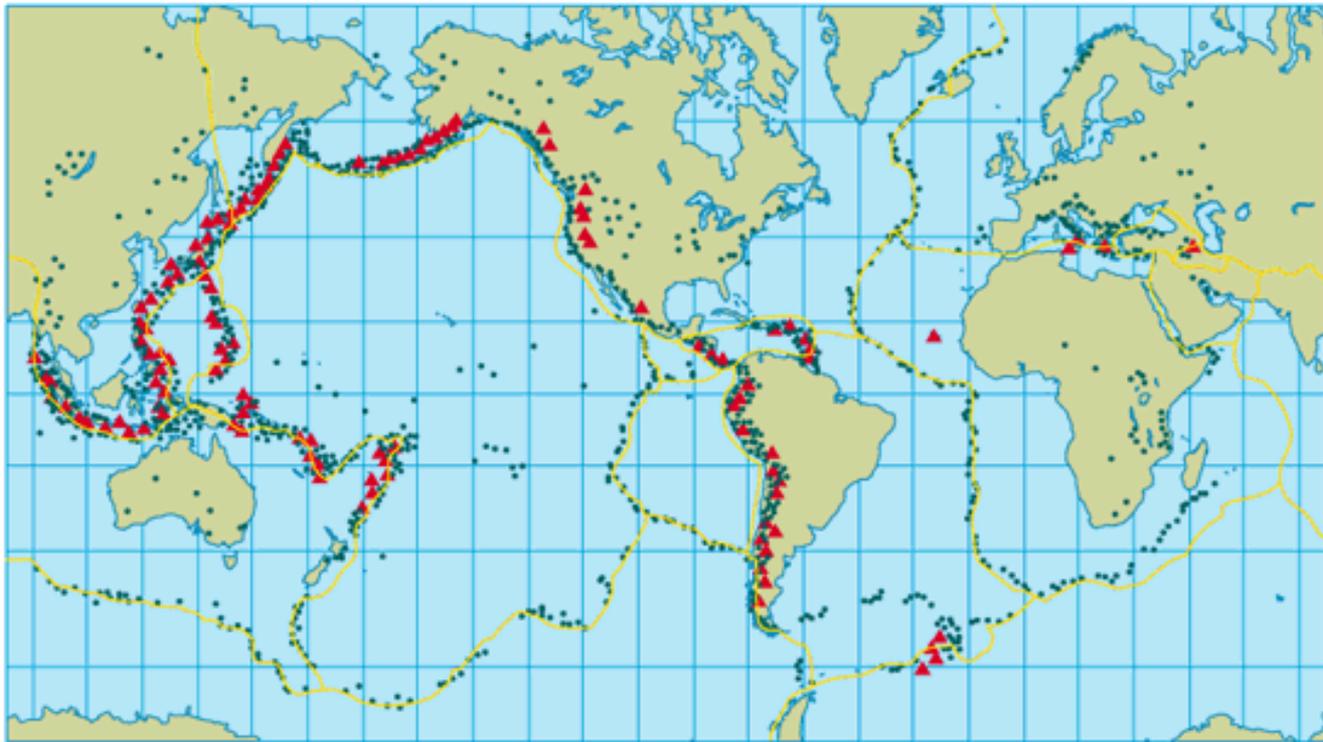


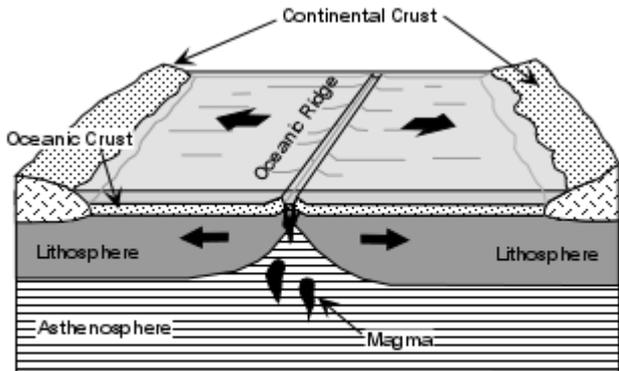
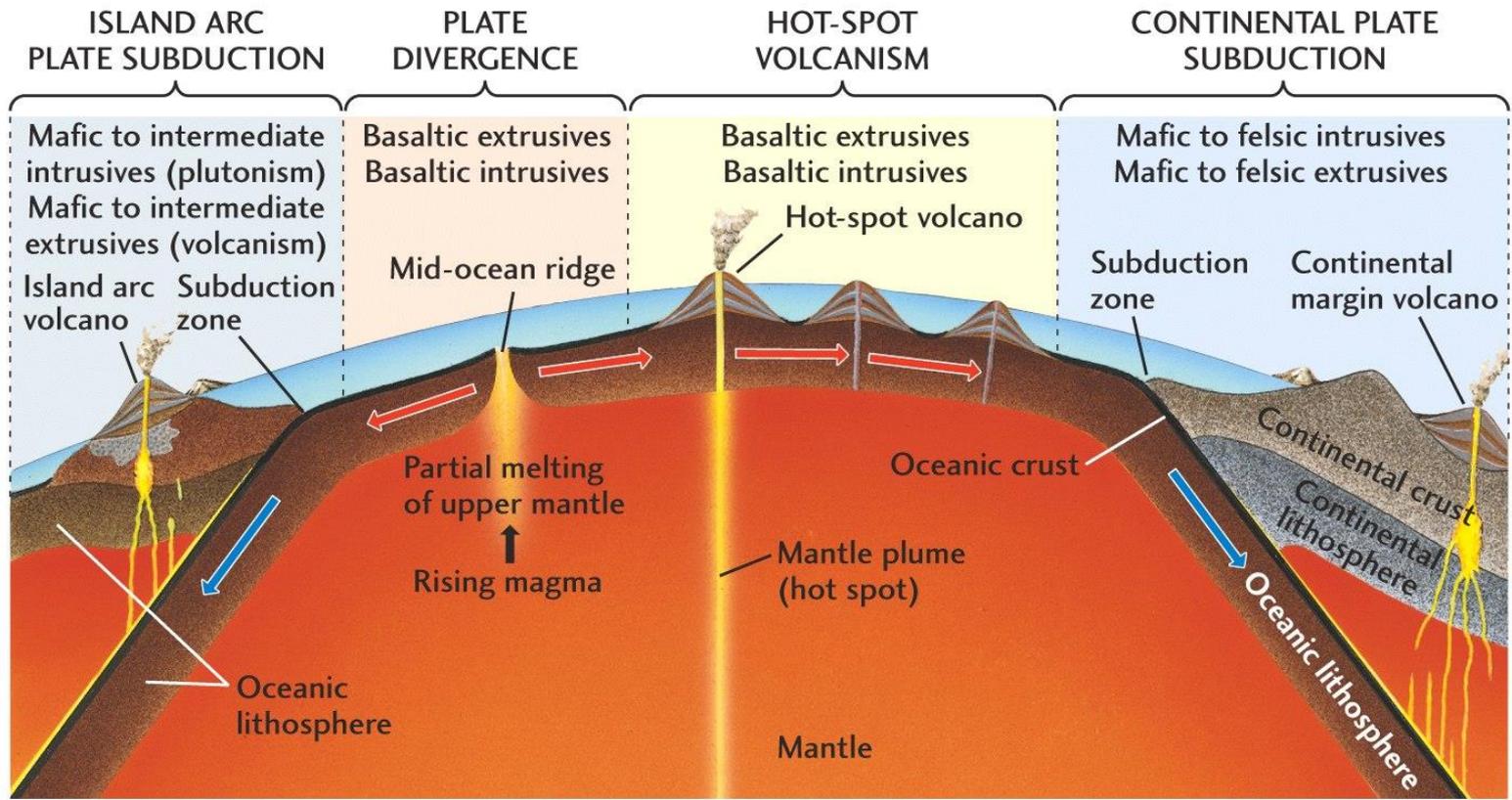
Campi Flegrei



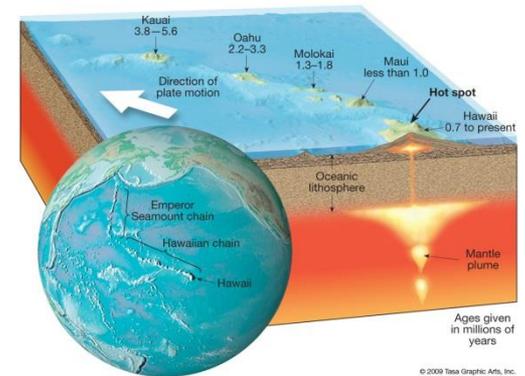
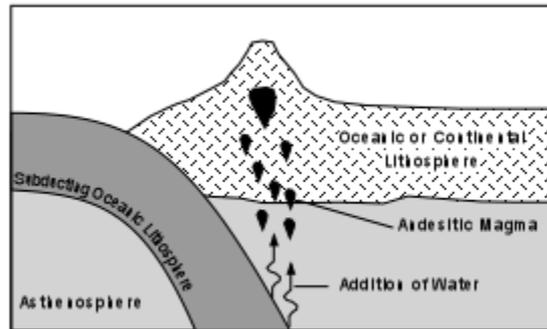
L'origine del magma

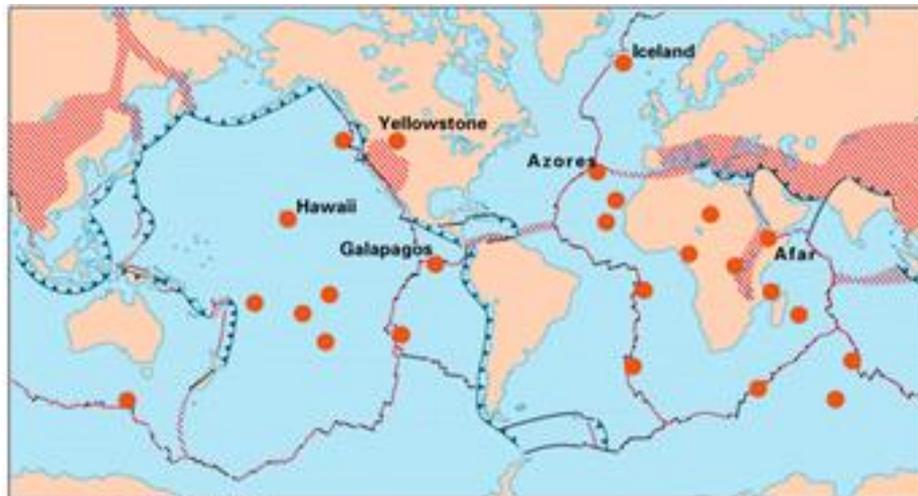
Distribuzione dei vulcani nel mondo





Diverging Plate Boundary
Oceanic Ridge - Spreading Center





EXPLANATION

— Divergent plate boundaries—
Where new crust is generated
as the plates pull away from
each other.

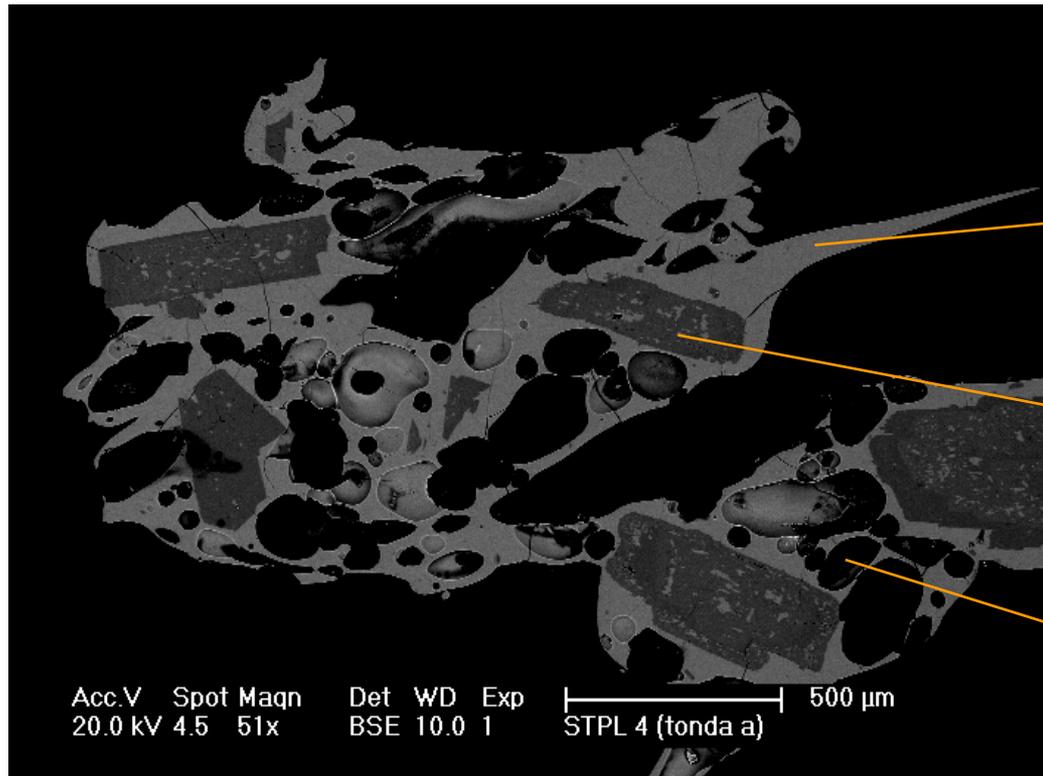
- - - - - Convergent plate boundaries—
Where crust is consumed in the
Earth's interior as one plate
dives under another.

— Transform plate boundaries—
Where crust is neither produced
nor destroyed as plates slide
horizontally past each other.

■ Plate boundary zones—Broad
belts in which deformation is
diffuse and boundaries are not
well defined.

● Selected prominent hotspots

Il magma è un materiale fuso formato da una miscela di una fase liquida, fasi solide (minerali) e fasi gassose.



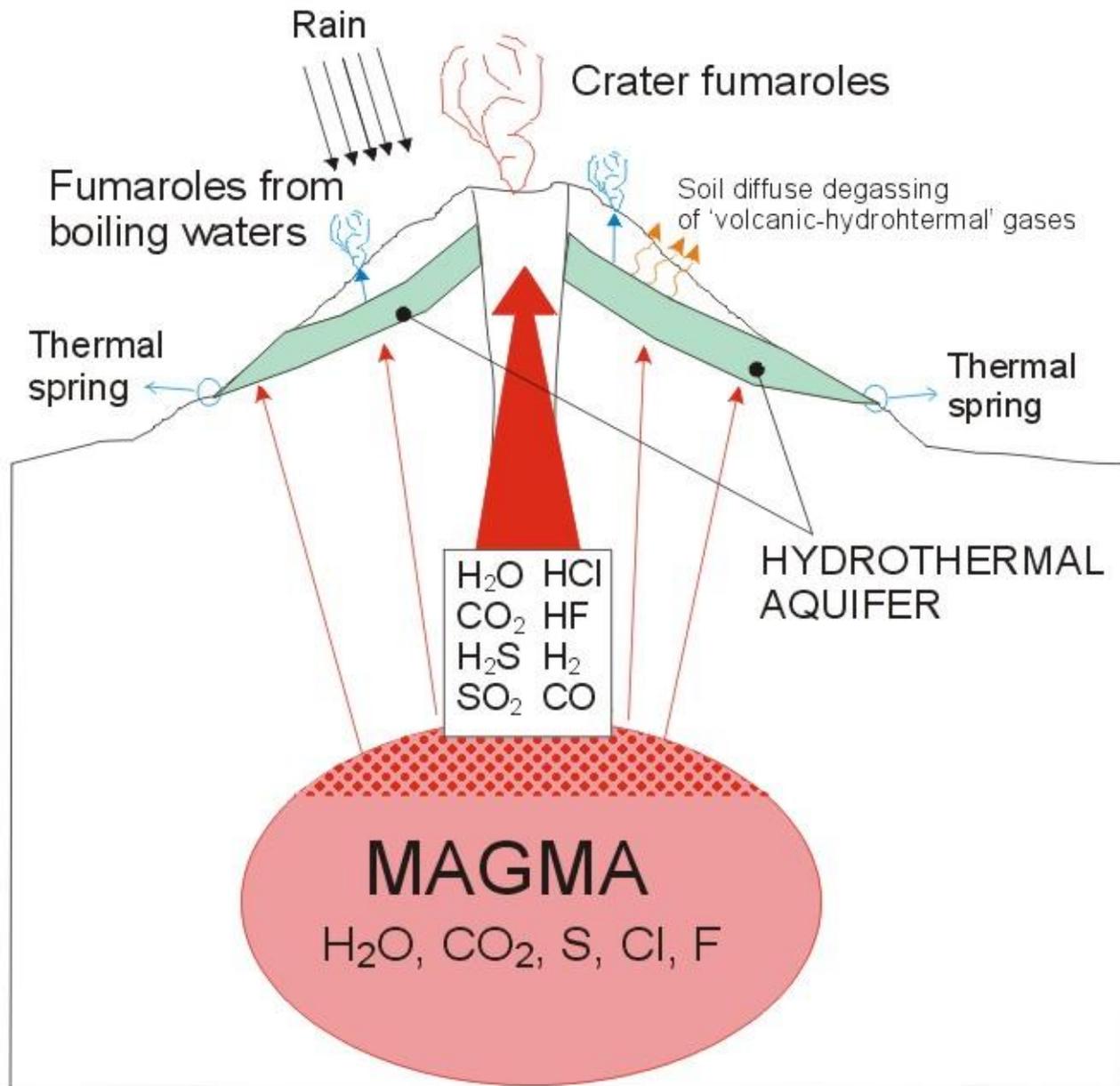
vetro – liquido

cristalli di minerali - solido

vescicole - gas

Composizione chimica delle rocce vulcaniche

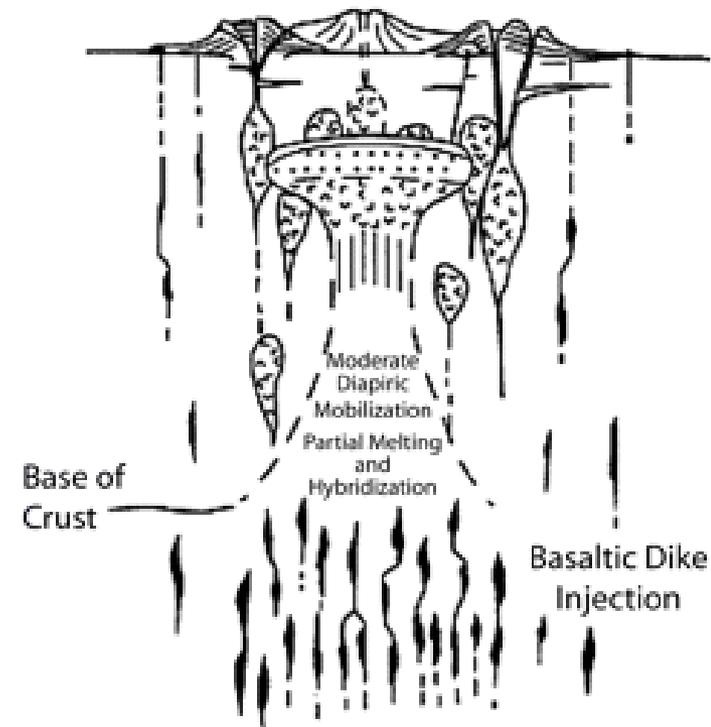
	<i>Peridotite</i>	<i>Tholeiitic basalt</i>	<i>Alkali basalt</i>		<i>Metaluminous</i>	<i>Peraluminous</i>	<i>Peralkaline</i>
		<i>MORB</i>	<i>OIB</i>	<i>Andesite</i>	<i>Rhyolite</i>	<i>Rhyolite (Granite)</i>	<i>Rhyolite</i>
SiO ₂	44,2	48,77	47,52	59,89	67,89	69,08	70,87
TiO ₂	0,13	1,15	3,29	0,95	0,45	0,55	0,1
Al ₂ O ₃	2,05	15,9	15,95	17,07	14,49	14,3	14,78
Fe ₂ O ₃	0,75	1,33	3,16	3,31	1,27	0,73	2,64
FeO	7,54	8,62	8,91	3	2,57	3,23	
MnO	0,13	0,17	0,19	0,12	0,08	0,06	0,06
MgO	42,21	9,67	5,18	3,25	1,75	1,82	0,1
CaO	1,92	11,16	8,96	5,67	3,78	2,49	0,34
Na ₂ O	0,27	2,43	3,56	3,95	2,95	2,2	6,47
K ₂ O	0,06	0,08	1,29	2,47	3,05	3,63	4,19
P ₂ O ₅	0,03	0,09	0,64	0,31	0,11	0,13	0,02
H ₂ O ₋		0,3	1,16				0,33
F (ppm)		210	1150				
Total	99,29	99,67	99,81	99,99	98,39	98,22	99,9

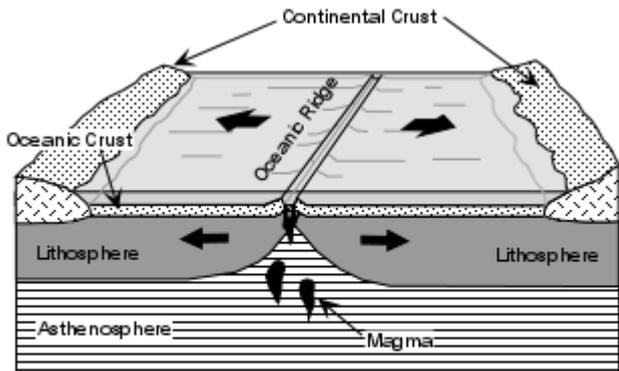
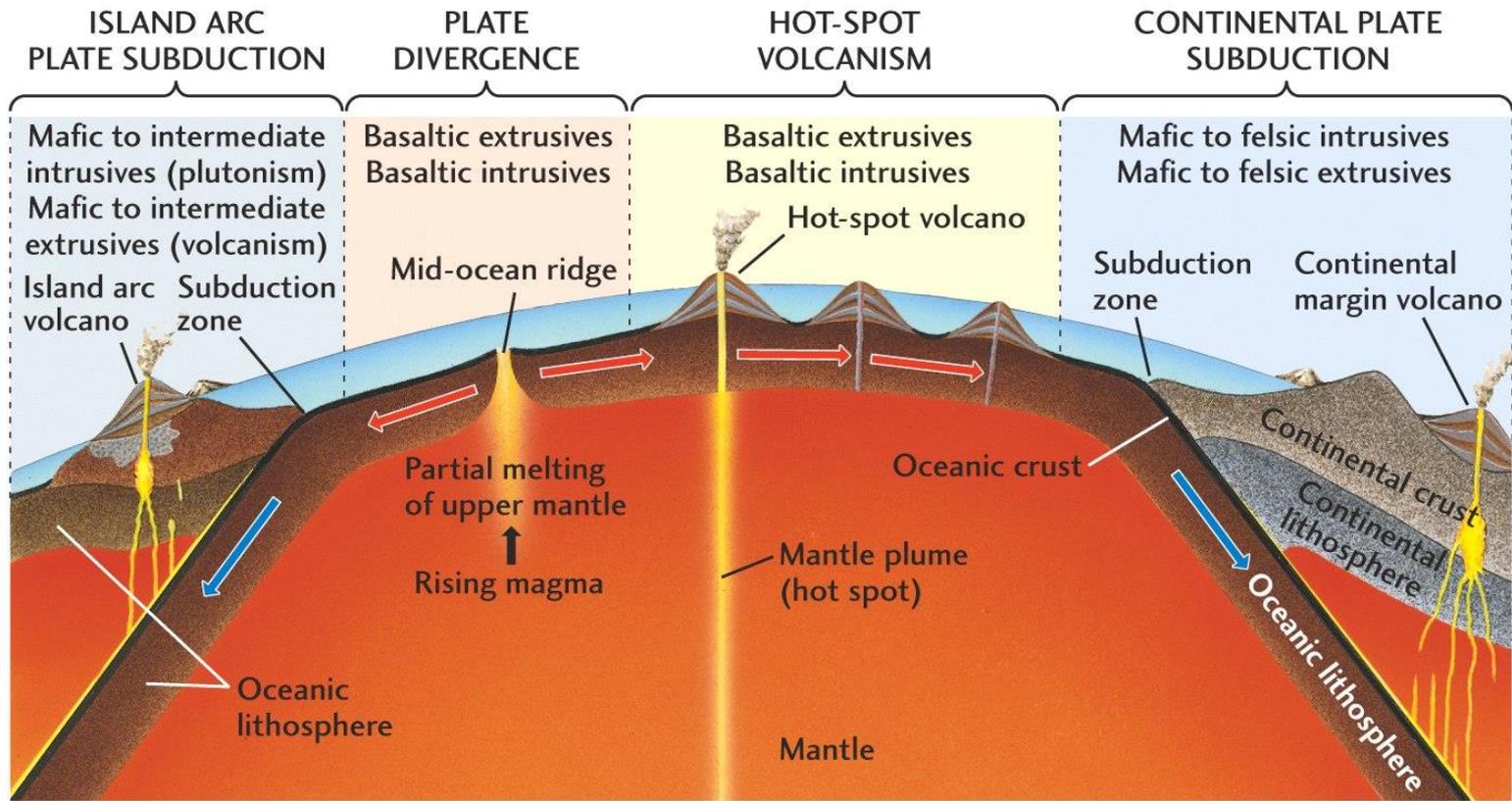


La storia del magma in tre atti

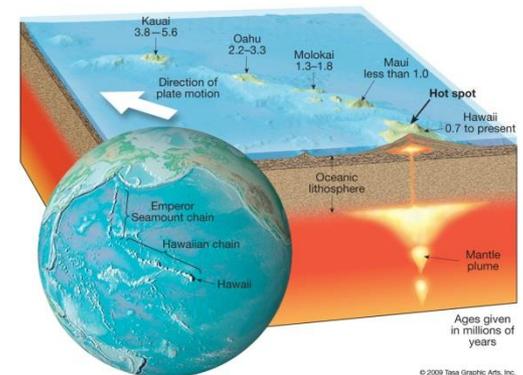
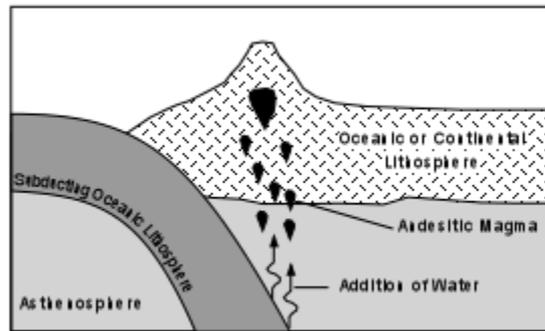
1. **genesi del magma (magmi primari)**
2. **risalita del fuso attraverso la crosta; stagnazione in serbatoi magmatici crustali dove il magma si trasforma attraverso processi di evoluzione magmatica (magmi non primari)**
3. **dalla camera magmatica il fuso risale verso la superficie attraverso un condotto che può avere forma cilindrica o lineare – la dinamica eruttiva è strettamente legata alle proprietà del magma che risale e alle modalità di risalita**

(b) Andesitic - Dacitic Volcano Cluster





Diverging Plate Boundary
Oceanic Ridge - Spreading Center



Perché risale il magma?

(1)

Il magma risale perché è meno denso del materiale circostante



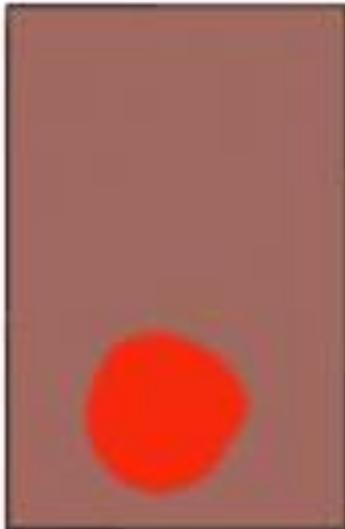
(2)

Il magma risale perché la pressione sopra la camera magmatica è diminuita



Senza eruzione

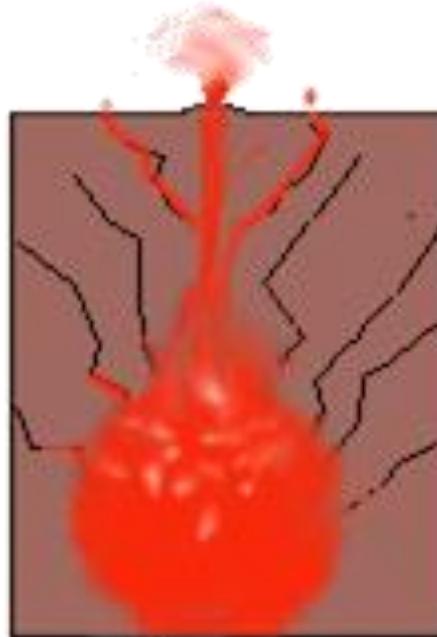
la pressione delle rocce incassanti è uguale alla pressione nella camera magmatica



Con eruzione

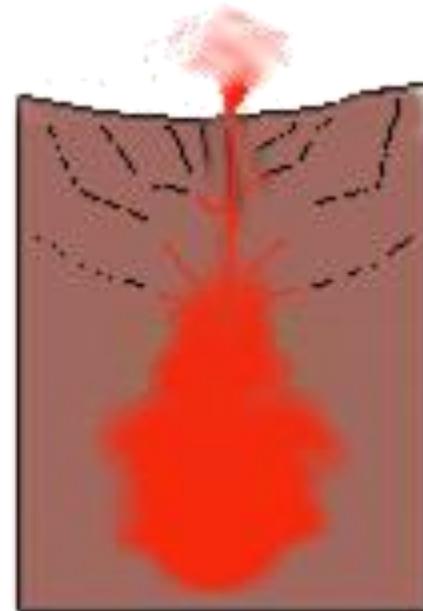
AUMENTA

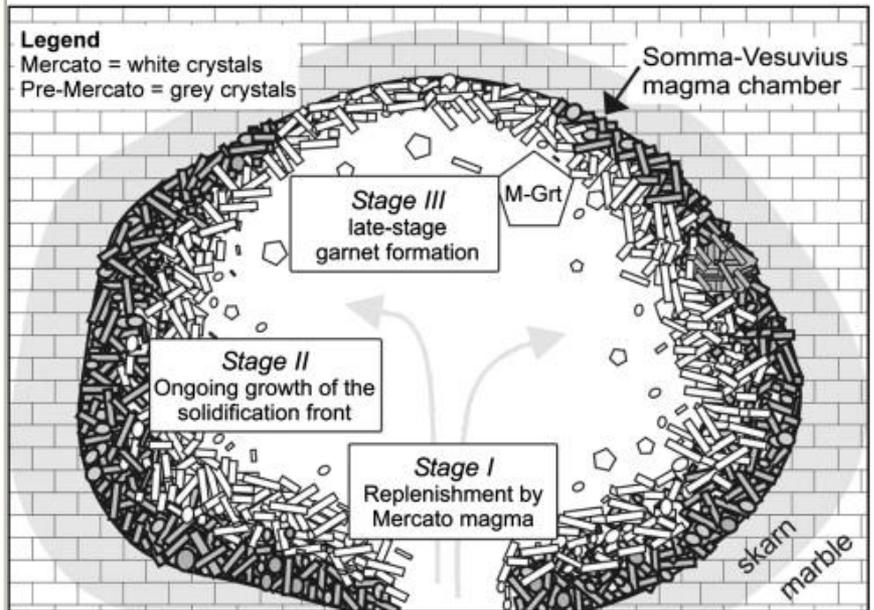
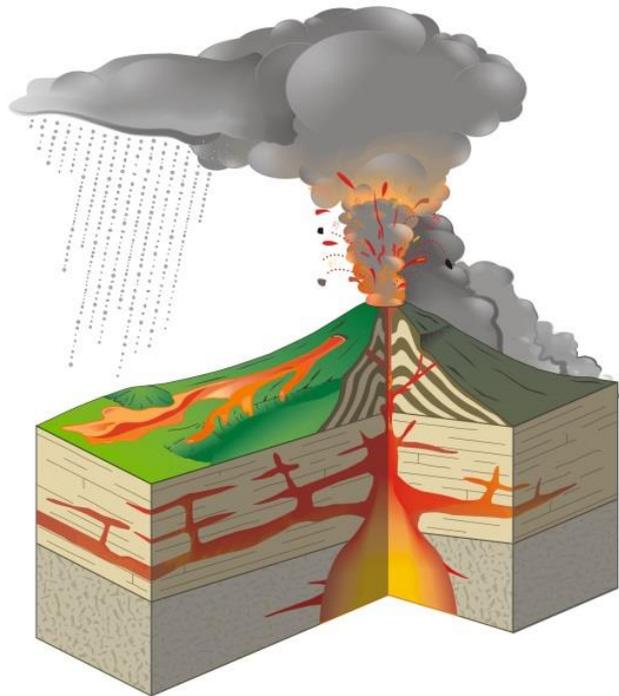
la pressione nella camera magmatica
(es. arrivo di nuovo magma, essoluzione di gas)



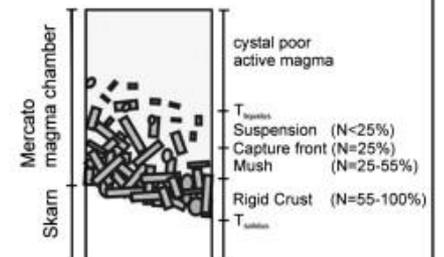
DIMINUISCE

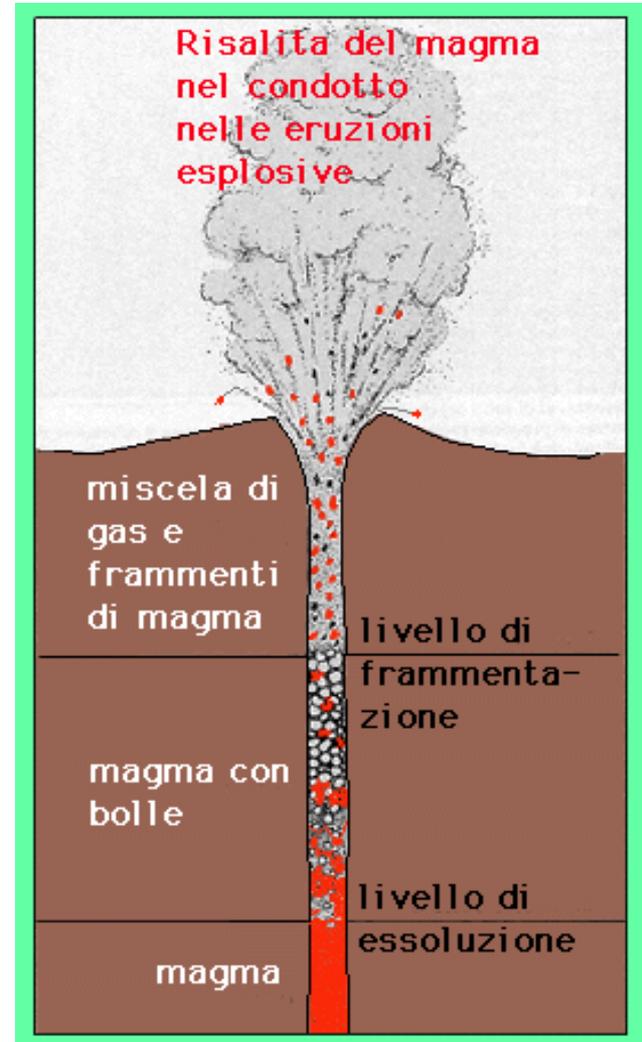
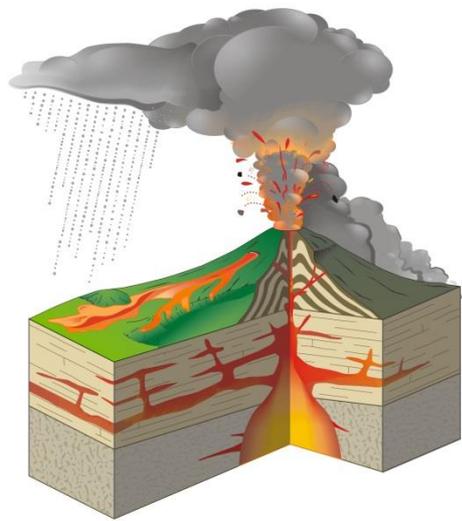
la pressione delle rocce incassanti
(es. distensione, fratturazione della crosta)





Solidification front
 in the Pre-Mercato phonolite magma chamber,
 modified after Marsh (2000)





MAGMA ACIDO

Più denso:

$\text{SiO}_2 > 52\%$

Silicio, che durante la risalita e il raffreddamento, innesca la cristallizzazione dei minerali che ostacolano il flusso

Eruzioni esplosive

LAVA ACIDA

MAGMA BASICO

Più fluido:

$\text{SiO}_2 < 52\%$

Il maggior contenuto di gas (H_2O , CO_2 , CO , H_2 , H_2S , HCl) favorisce la fluidità del magma

Eruzioni effusive

LAVA BASICA

Esperimenti

- Il vulcano di cera (risalita del magma)
- Densità delle rocce (relazione prodotti/attività eruttiva)
- Viscosità delle rocce (relazione proprietà fisiche del magma/attività eruttiva)
- Comportamento dei liquidi (frammentazione)
- Lavoro con Google Maps (distribuzione vulcani e tipologia di vulcano)