

MAGMATSKE STIJENE

MAGMATSKE STIJENE
nastaju kristalizacijom
minerala iz prirodne silikatne
taljevine **magme** ili u slučaju
kada magma izbije na površinu
Zemlje - lave.

Magma je prirodna, silikatna taljevina (45-75 tež.% SiO_2) u čijem je sastavu 8 glavnih elemenata (O, Si, Al, Fe, Ca, Na, K i Mg), zajedno s otopljenim plinovima i parama (H_2O , H_2S , CO, CO_2 , SO_2 , H, N, i dr.).

Podjela magmatskih stijena:

Magmatske stijene dijele se

- a) prema mjestu postanka
- b) sadržaju SiO_2 (kiselosti)
- c) prema mineralnom sastavu

OSNOVNA PODJELA MAGMATSKIH STIJENA (PREMA MJESTU POSTANKA)

INTRUZIVNE (dubinske ili plutonske)
stijene nastale sporim hlađenjem magme u
Zemljinoj unutrašnjosti (dubina > 1km)

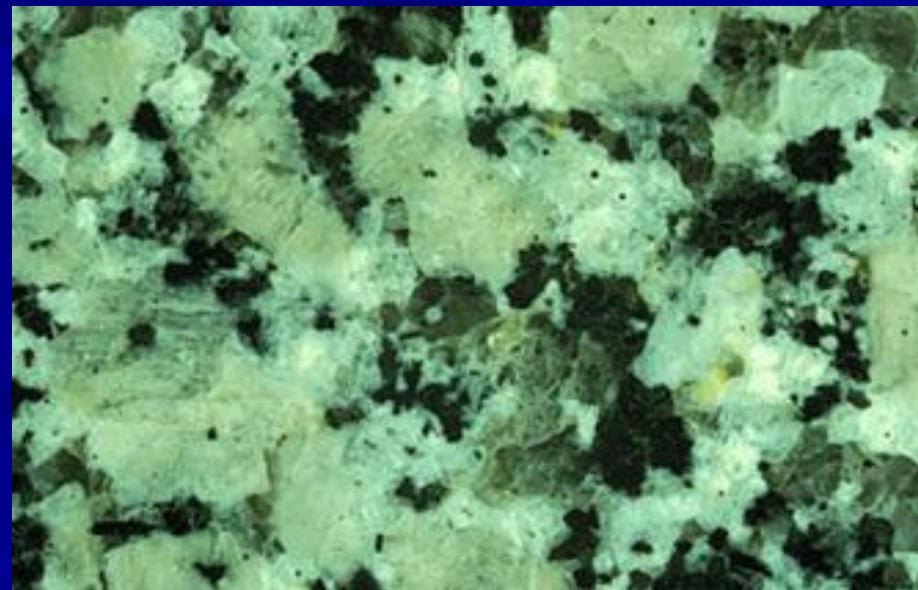
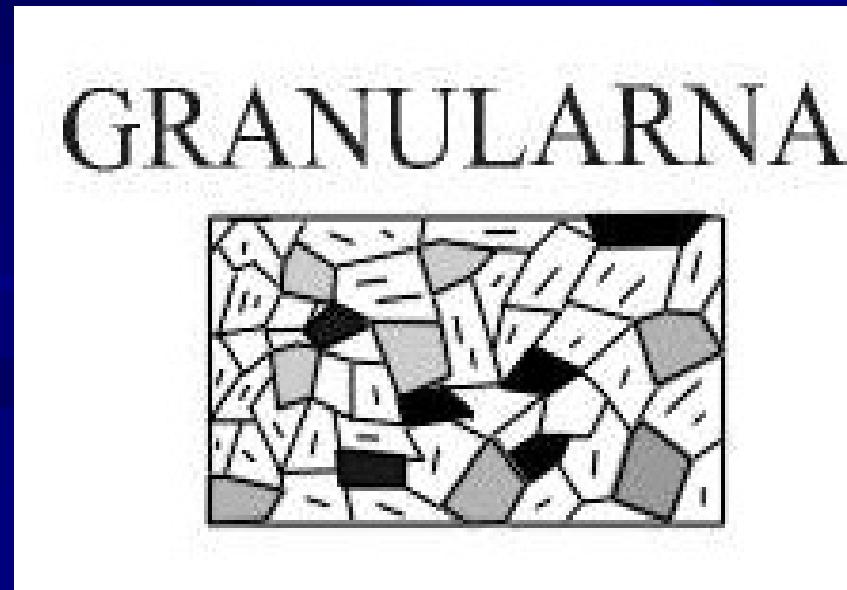
EFUZIVNE (vulkanske ili površinske) stijene
nastale brzim hlađenjem lave na Zemljinoj
površini ili vrlo blizu površine

žične, žilne ili hipabisalne stijene koje nastaju kristalizacijom
minerala u pukotinama plićih dijelova kore, općenito na
dubini do 1 km;

Različiti način postanka intruzivnih i efuzivnih stijena uzrok je i različitom izgledu intruzivnih odnosno efuzivnih stijena. Izgled stijene manifestira se u strukturi stijene

Strukturu stijene određuje veličina, oblik i međusobni odnos minerala u nekoj stijeni.

INTRUZIVNE STIJENE koje su nastale SPORIM hlađenjem odlikuju se KRISTALASTOM ili GRANULARNOM strukturom jer su iz ukupne količine magme iskristalizirali minerali koji sada predstavljaju tu **INTRUZIVNU STIJENU**.



INTRUZIVNE MAGMATSKE STIJENE nastale na velikim dubinama (obično više od nekoliko kilometara) imaju **granularnu ili kristalastu strukturu**. Većina kristalića (zrna, granula > 1 mm); kristalići (zrna) su međusobno uklješteni



Krupno zrnata tekstura karakteristična za plutonske stijene. Plagioklas je bijeli, a kvarc je sivi; kalijski feldspat je žuti. Podjela na mjerilu je milimetarska. (B)
Slična stijena gledana pod polarizirajućim mikroskopom. Zrna kristala su međusobno uklještena

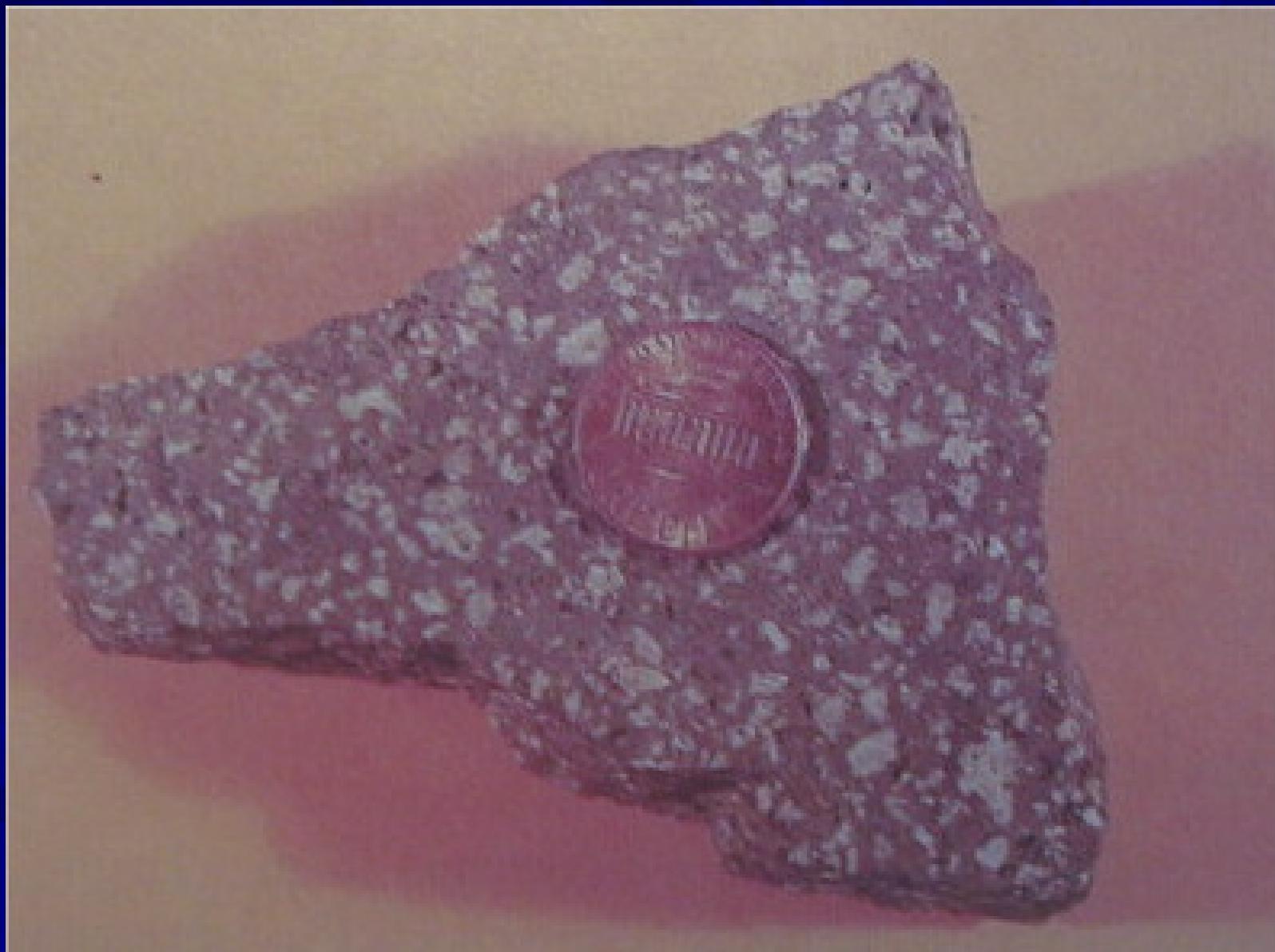
EFUZIVNE STIJENE koje su nastale **BRZIM** hlađenjem odlikuju se **PORFIRNOM** strukturom jer su iz ukupne količine **LAVE** iskristalizirali poneki minerali (kristali) dok se ostatak lave skrutnuo u potpuno neuređenu masu SiO_4 tetraedara koju nazivamo **VULKANSKO STAKLO**.

Vulkansko staklo predstavlja osnovu stijene, a u njemu su uklopljeni pojedini jasno vidljivi kristali.

Osnova stijene ne mora uvijek biti staklasta. Ponekad se radi o kristalićima mikroskopskih (ili još sitnijih kriptokristalastih) dimenzija) kao što je prikazano na slikama.



PORFIRNA TEKSTURA – krupni kristali u puno stinozrnatkoj osnovi



Efuzivne stijene mogu biti izgrađene samo od stakla. Takva se stijena zove – OPSIDIJAN

Evuzivna stijena koja se sastoji od vulk. stakla, a koja u sebi ima mnogo šupljina od zaostalih plinova (vezikularna struktura), lagana je i pliva na vodi zove se PLOVUČAC.



PODJELA MAGMATSKIH STIJENA PREMA KEMIJSKOM I MINERALNOM SASTAVU

Pri kretanju magme prema površini Zemlje smanjuje se tlak i istodobno se magma hlađa. Pri malom sniženju temperature počinju se iz nje izdvajati različiti minerali tvoreći određenu zajednicu minerala – **mineralnu paragenezu.**

Kristalizacija i izdvajanje minerala iz magme, odnosno **kristalizacijska diferencijacija,** jedan je od načina mijenjanja sastava magme.

Drugi način na koji magma može promijeniti svoj sastav je asimilacija taljenjem okolnih stijena na putu prema površini.

O izvornoj magmi ima više teorija. Jedna je teorija znanstvenika **Bowena** (1956) koji je pretpostavio da postoji samo jedna izvorna magma iz koje kristalizacijom nastaju različiti petrogeni minerali. On prepostavlja dva kristalizacijska niza minerala – jedan je kontinuirani niz plagioklaza, a drugi je diskontinuirani niz feromagnezijskih minerala.

Ta dva niza kristaliziraju usporedno navedenim redoslijedom u MAGMATSkom STADIJU

U MAGMATSkom STADIJU razlikuju se dva podstadija:

-rani stadij kristalizacije u kojem pri visokoj temperaturi nastaju Mg-Fe silikati (olivin) te oksidi i sulfidi

-glavni stadij kristalizacije, do ca 600° C u kojem nastaju silikatni minerali koji uz Al sadrže Ca, Mg, Fe, Na i K

Redoslijed kristalizacije u magmatskome stadiju definira zakonitost koja nam je poznata kao Bowenov niz kristalizacije



Podjela prema kemijskom sastavu:

Prema ukupnom sadržaju SiO_2 komponente razlikuju se:

Ultrabazične stijene, ako sadrže < 45 tež. % SiO_2

Bazične stijene, ako sadrže 45 - 52 tež. % SiO_2

Neutralne stijene, ako sadrže 52 - 63 tež. % SiO_2

Kisele stijene, ako sadrže > 63 tež. % SiO_2

Podjela MAGMATSKIH STIJENA prema MINERALNOM sastavu:

Mineralni sastav određuje različite vrste stijena unutar ULTRABAZIČNIH, BAZIČNIH, KISELIH i NEUTRALNIH STIJENA

Na temelju mineralnog sastava stijene dobivaju imena

Za određeni mineralni sastav postoji uvijek jedna INTRUZIVNA stijena i njen EFUZIVNI ekvivalent istog mineralnog sastava, ali različite strukture zbog različitog načina postanke (spora kristalizacija u unutrašnjosti Zemlje ili brzo hlađenje na površini).

Jedina iznimka odnosi se na ultrabazične stijene.

One su samo intruzivne (dubinske) i nemaju svoje efuzivne ekvivalente

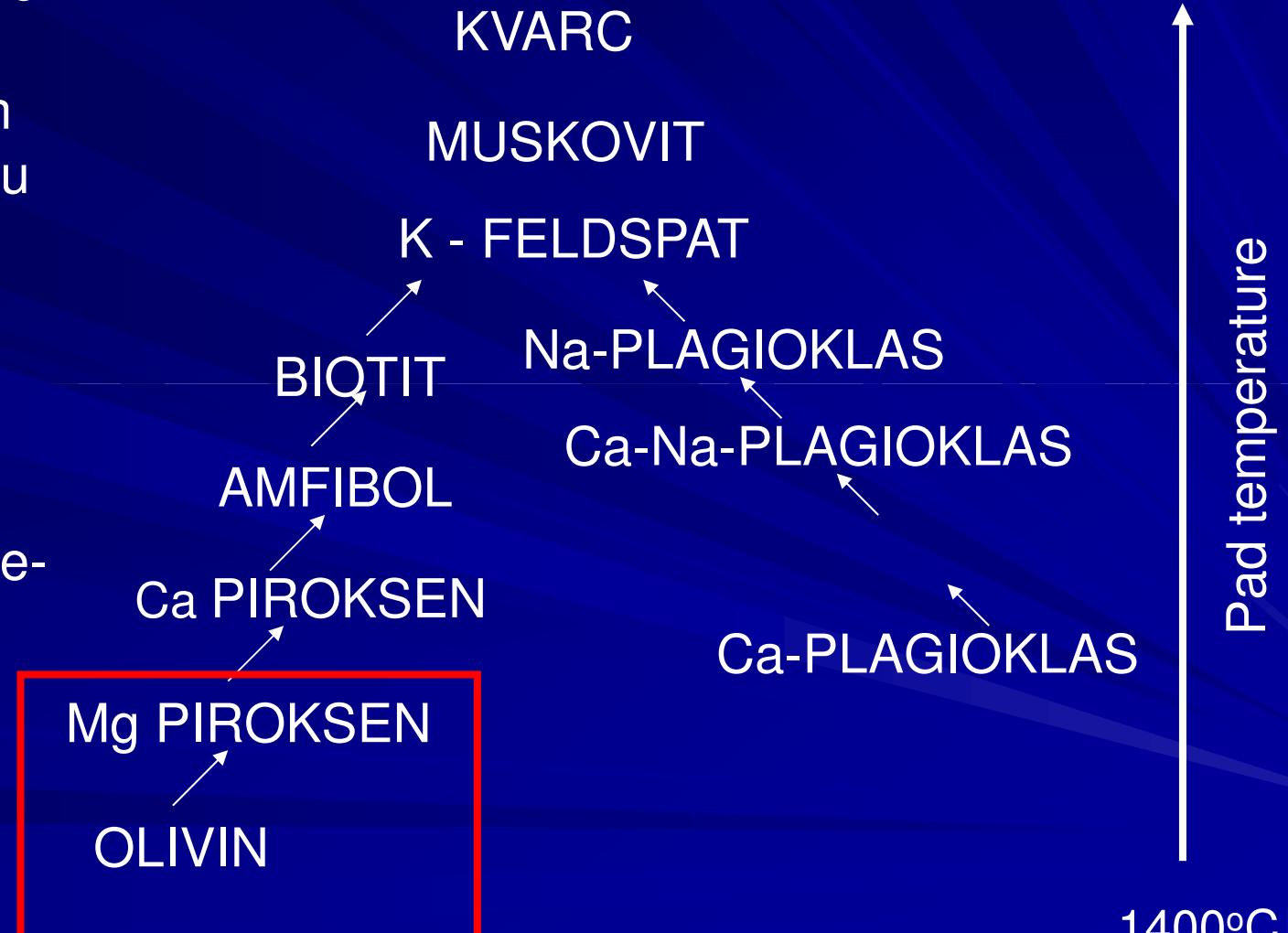
ULTRABAŽIČNE STIJENE

-izgrađene gotovo potpuno od feromagnezijskih minerala i zato su tamne

-nastaju u plaštu

-nemaju efuzivnih ekvivalenta

PERIDOTIT
DUNIT



BAZIČNE STIJENE
sadržaj SiO_2 je cca
50%
(‘siromašne’ silicijem)
-relativno visok
sadržaj Al, Ca, Mg i
Fe

I: GABRO

E: BAZALT

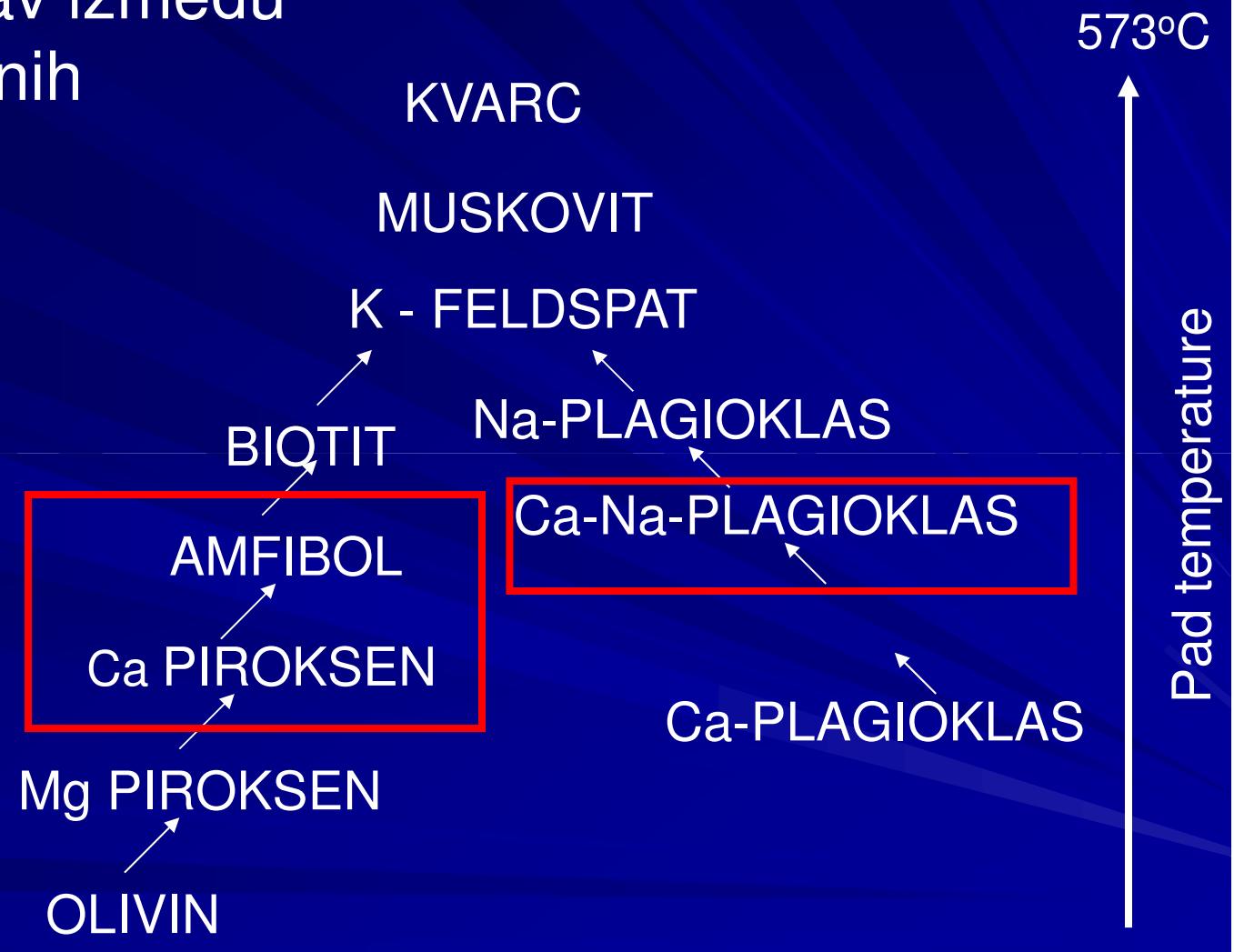


NEUTRALNE STIJENE

kemijski sastav između
kiselih i bazičnih

I: DIORIT

E: ANDEZIT



KISELE STIJENE

sadržaj SiO_2 je $>65\%$ ('bogate' silicijem)

-relativno malo Ca, Mg i Fe ali

25-35% Al, Na i K

I: GRANIT

E: RIOLIT



Klasifikacija magmatskih stijena prema mjestu postanka i prema kemijskom i mineralnom sastavu

KISELE

NEUTRALNE

BAZIČNE

ULTRABAZIČNE

INTRUZIVNE

granit

diorit

gabro

dunit

EFUZIVNE

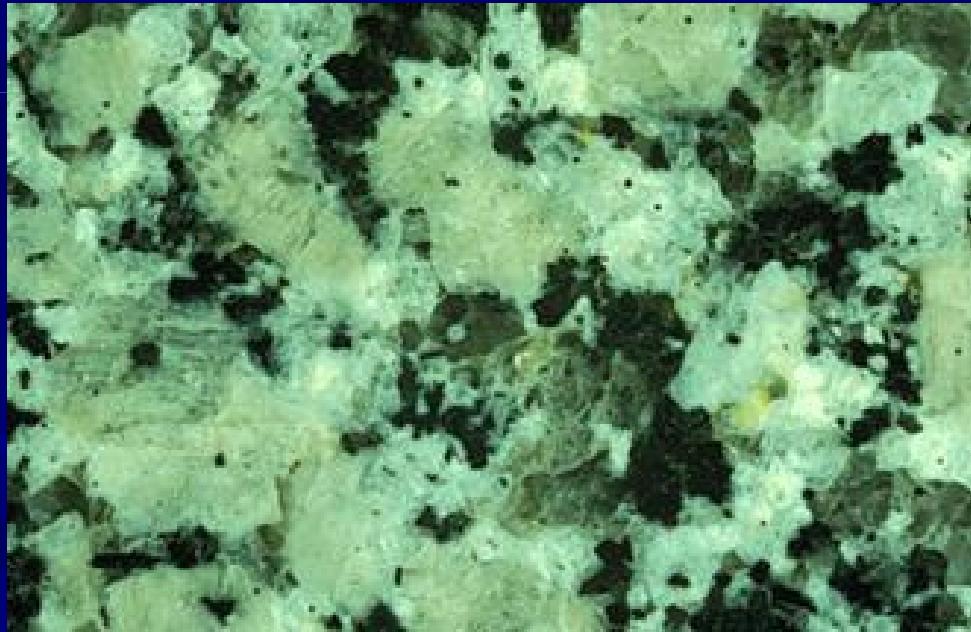
riolit

andezit

bazalt

Manje važna podjela magmatskih stijena je podjela po boji na SALSKE I FEMSKE STIJENE

Boja stijene je odraz količinskog i prostornog odnosa svijetlih (salskih - bogatih Si i Al) prema tamnim (femskim - bogatim Fe i Mg) mineralima u stjeni.



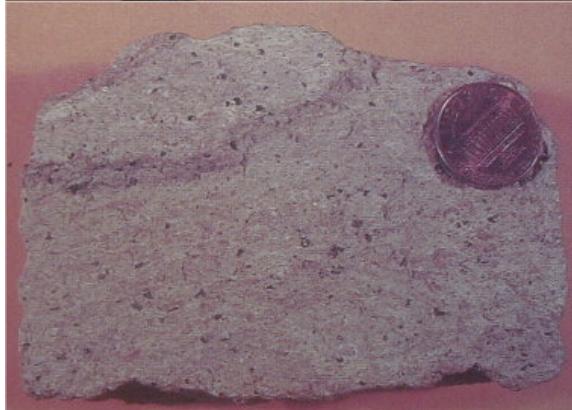
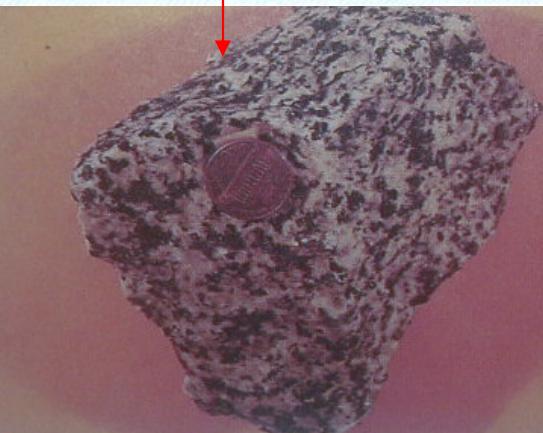
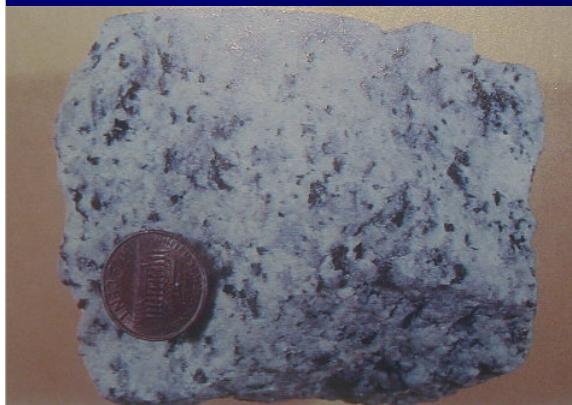
granit



gabro

Table 3.1**Identification of Igneous Rocks**

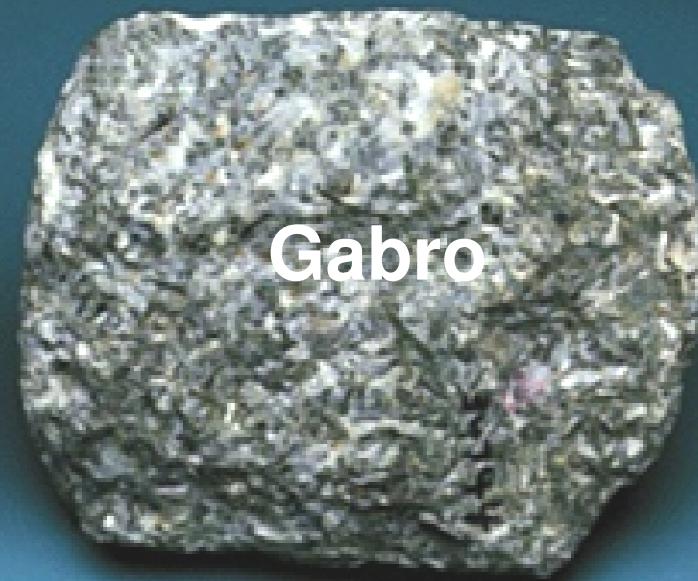
Coarse-Grained	Granite	Diorite	Gabbro	Ultramafic Rocks
Fine-Grained	Rhyolite	Andesite	Basalt	—
Mineral Content	Quartz, feldspars (white, light gray, or pink). Minor ferromagnesian minerals.	Feldspars (white or gray) and about 35–50% ferromagnesian minerals. No quartz.	Predominance of ferromagnesian minerals. Rest of rock is plagioclase feldspar (medium to dark gray).	Entirely ferromagnesian minerals (usually olivine and pyroxene).
Color of Rock (most commonly)	Light-colored	Medium-gray or medium-green	Dark gray to black	Green to black



Efuzivne



Intrusivne



Riolit



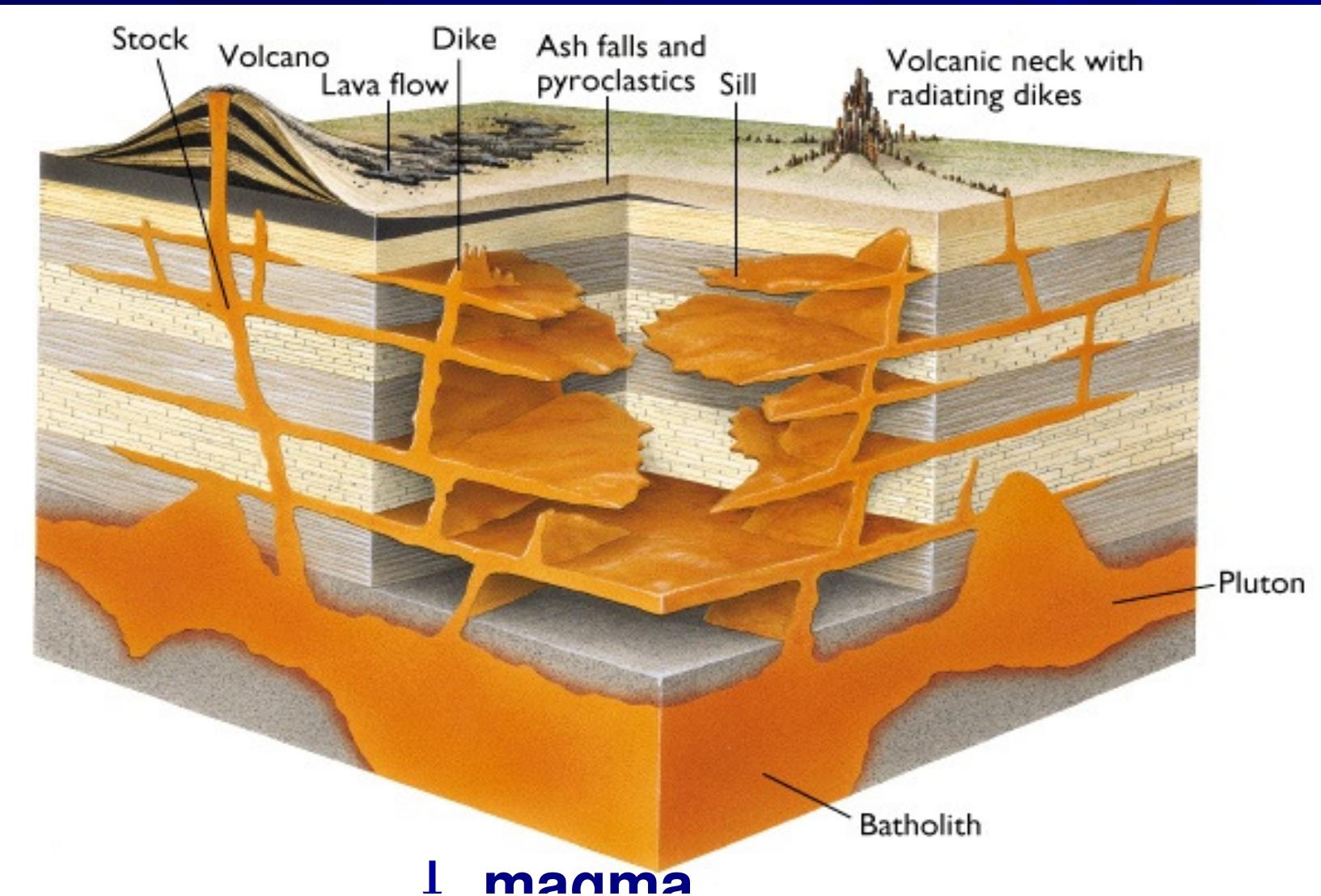
Granite



Fig. 4.5

Jednom formirana magma diže se prema površini zbog razlike u gustoći između okolnih stijena i nje same, a kretanje pospješuje prisutnost dubokih lomova unutar litosfere. Nastaju različiti oblici magmatskih tijela.

Klasifikacija magmatskih tijela



INTRUZIVNA TIJELA

Intruzivi koji kristaliziraju na dubini

PLUTON = magmatsko tijelo ili magmatska stijena koja kristalizira na velikoj dubini unutar Zemljine kore.

-nema određeni oblik (za razliku od dajkova i silova)

BATOLIT = pluton čija je površina $>100 \text{ km}^2$

ŠTOK = mali pluton čija je površina $<100 \text{ km}^2$

ŽILA (“dajk”) = magmatsko tijelo u obliku ploče

Postoje i tri postmagmatska stadija:

PEGMATITNI
PNEUMATOLITNI I
HIDROTERMALNI

PEGMATITNI STADIJ: kod temperature od cca 500°C od ostatka magme kada je ona već prilično ohlađena kristaliziraju se minerali uglavnom u pukotinava već ranije očvrslih stijena. Kristali su krupni, nastali su iz taljevine čije je sastav bitno različit od ishodišnoga, a obilježava ga povećani udio rijetkih elemenata Be, Li, B, W, Mo, Sn te lakohlapljivih komponenti H_2O , H_2S , CO_2 , SO_2 , Cl

PNEUMATOLITSKI STADIJ: na tempreaturama nižim od 400°C do 200°C iz preostalih plinova padom tlaka kristaliziraju tzv. minerali pneumatolitskoga stadija. Kako ti plinovi prodiru i u najmanje pore okolnih stijena oni ih pritom mijenjaju i zato su minerali pneumatolitskog stadija rezultat kristalizacije iz preostalih para i izmijenjenih minerala okolnih stijena.

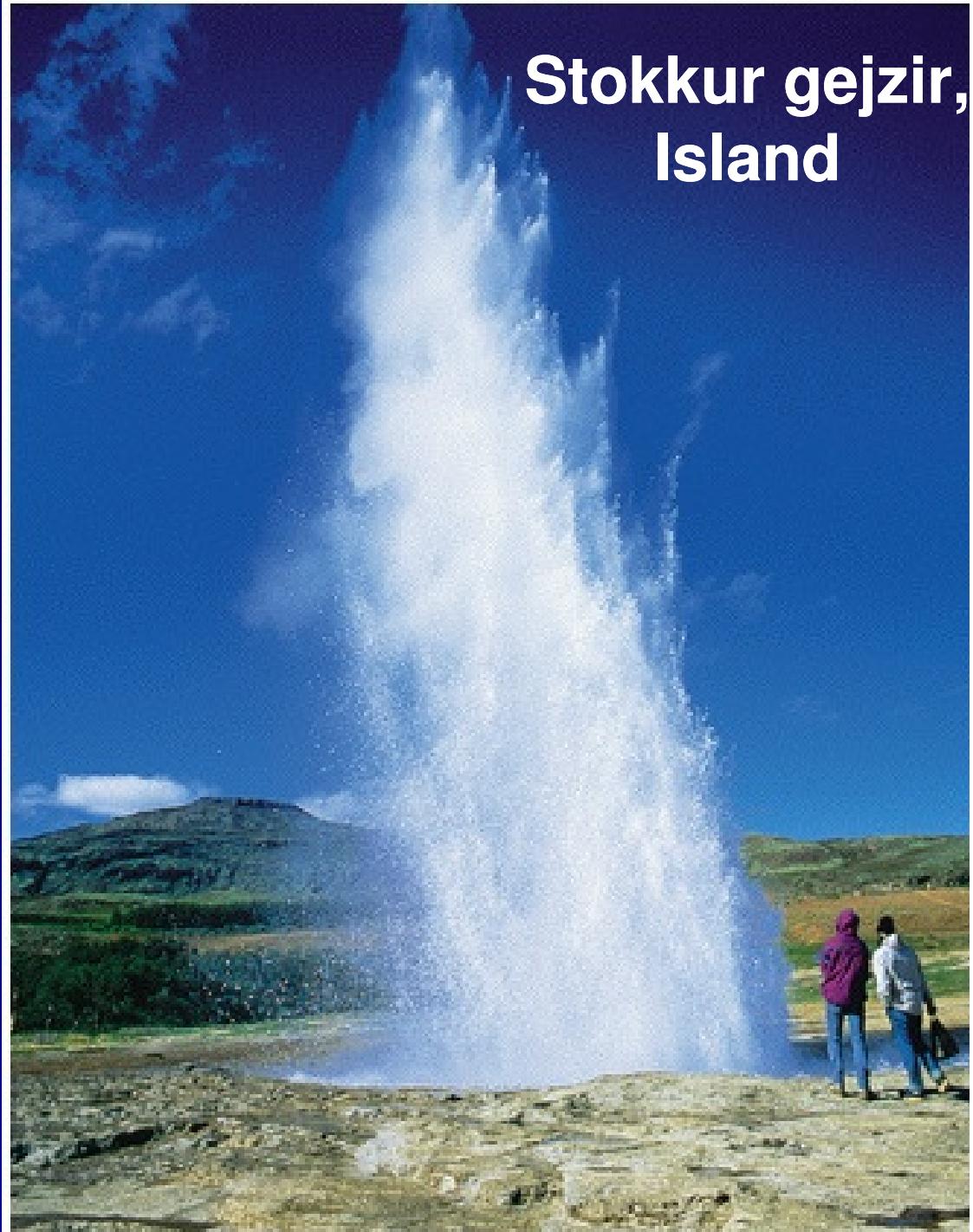
Pneumatolitski stadij: Fumarole obložene sumporom: Galapagos



HIDROTERMALNI STADIJ: padom temperature ispod 200° C plinovi preostali iz primarne magmatske taljevine se kondenziraju u tekućine.

Najilustrativnija pojava hidrotermalnog stadija su GEJZIRI mesta gdje vruće otopine izlaze na površinu. Kristalizacijom iz vrućih otopina hidrotermalnoga stadija nastaje obilje rijetkih i korisnih minerala

**Stokkur gejzir,
Island**



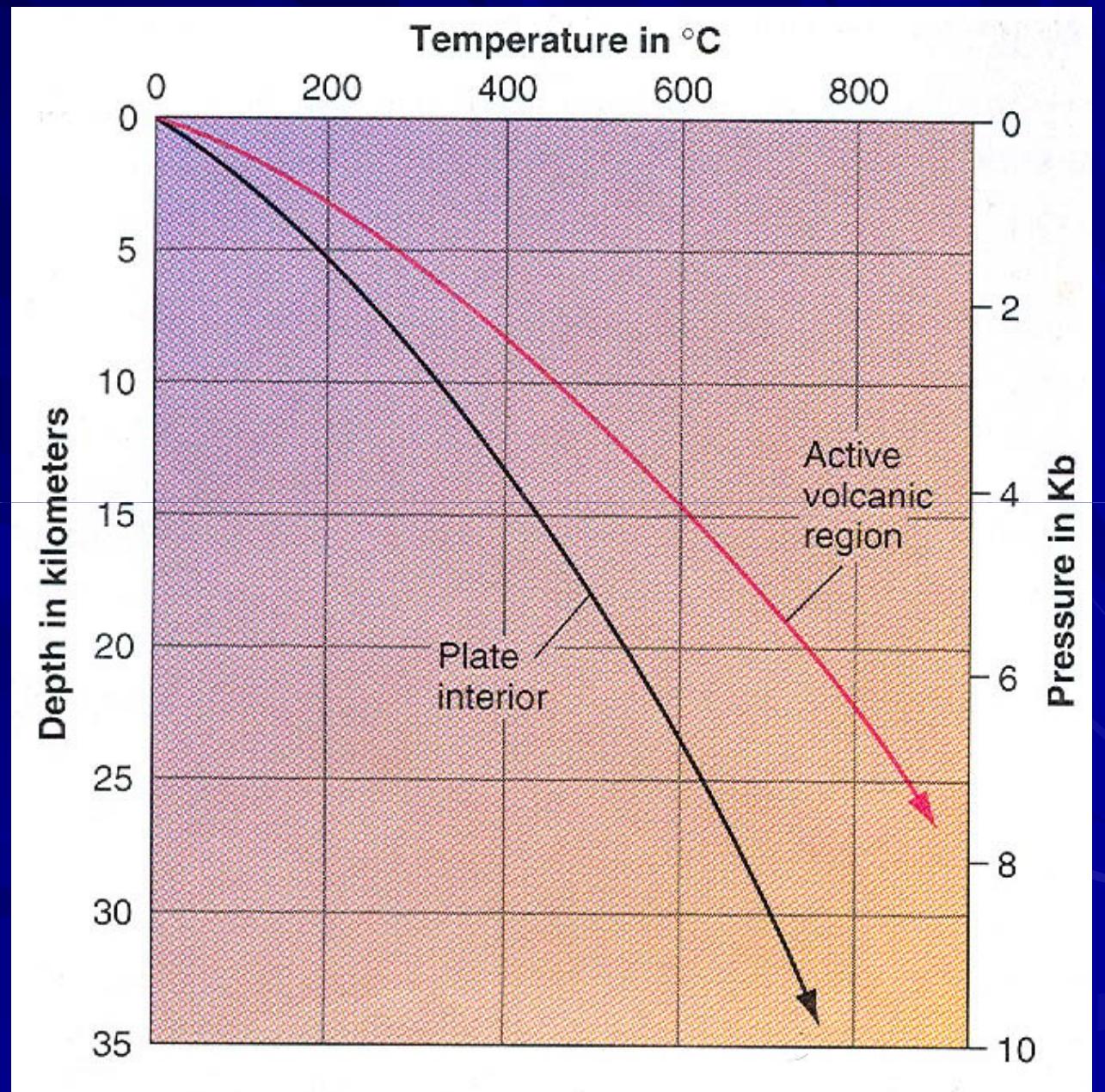
Toplina potrebna za postanak magme dolazi iz Zemljine unutrašnjosti (gdje se procjenjuje da su temp. veće od 5000 °C).

Toplina se prenosi iz zemljine unutrašnjosti prema površini; na što ukazje GEOTERMALNI GRADIJENT.

GEOTERMALNI
GRADIJENT =
mjera povećanja
temperature ovisno
o dubini ispod
zemljine površine

-prosječni
geotermalni
gradijent je $3\text{ }^{\circ}\text{C}/100\text{ m}$

-u vulkanskim
regijama
geotermalni
gradijent je viši jer
dio topline potječe
od magmatskog
tijela

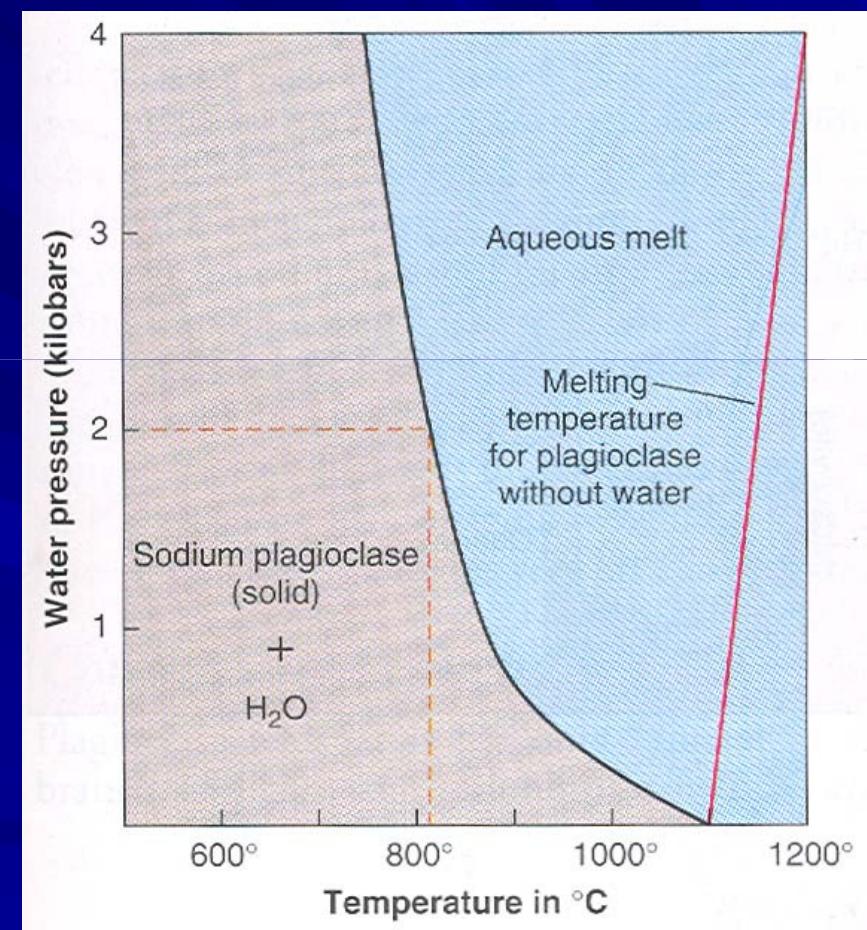


Voda pod pritiskom

Visoki pritisci vode značajno smanjuju temperaturu taljenja minerala

Temperatura taljenja minerala s obzirom na pritisak vode

Ukoliko nema vode potrebne su temperature s desne strane crvene linije da bi se rastalili plagioklasi na odgovarajućim pritiscima. Važno je primijetiti da, ukoliko je pritisak vode jednak nuli, temperatura potrebna da bi se mineral rastalio je veća od 1100°C, dok je uz samo 2 kilobara pritiska vode potrebna znatno niža temperatura, tj. 800°C za taljenje minerala



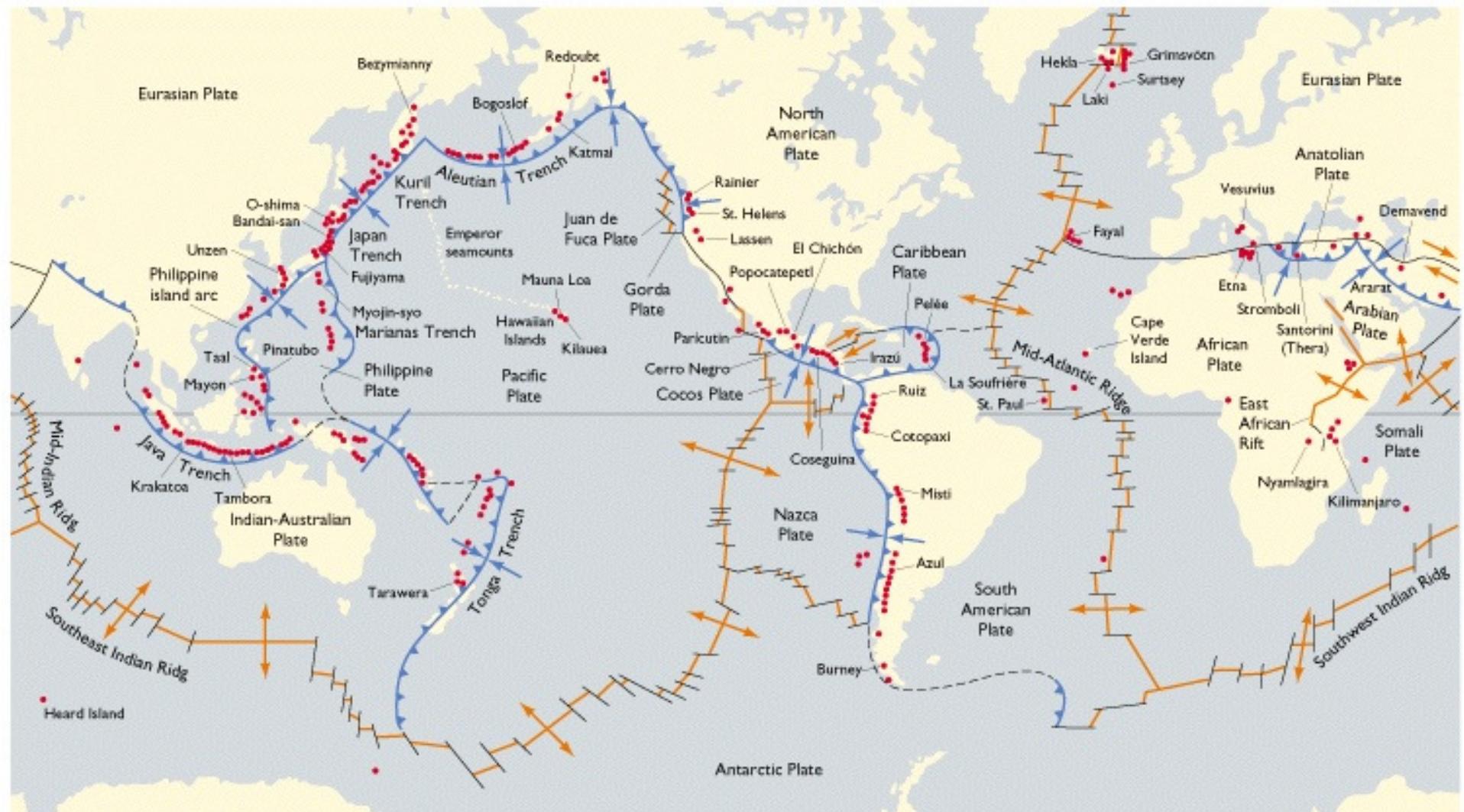
VJEŽBE: MAGMATSKE STIJENE

PREPOZNAVANJE PETROGENIH MINERALA KOJI SUDJELUJU U GRAĐI MAGMATSKIH STIJENA: KVARC, FELDSPATI, TINJCI, PIROKSENI I AMFIBOLI

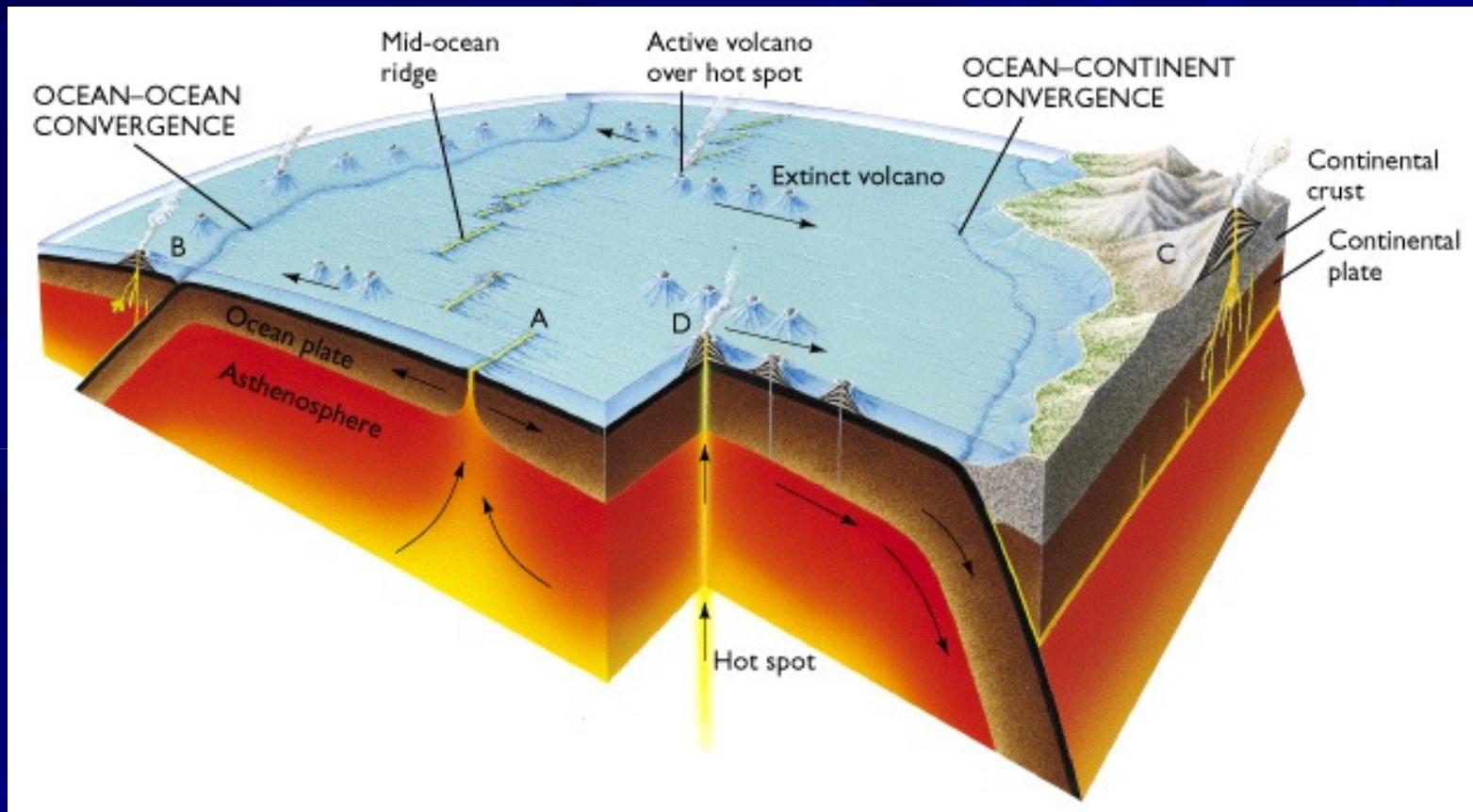
POJAVNI OBLICI MAGMATSKIH STIJENA U HRVATSKOJ:

- izolirane manje površine u Dinaridima
- veće površine vezane za Panonski bazen (npr. Unutrašnjost planine Papuk, pojave na Medvednici, u Hrvatskom zagorju (okolica Macelja), Banija i Kordun (okolica Lasinje)...

Svjetski aktivni vulkani



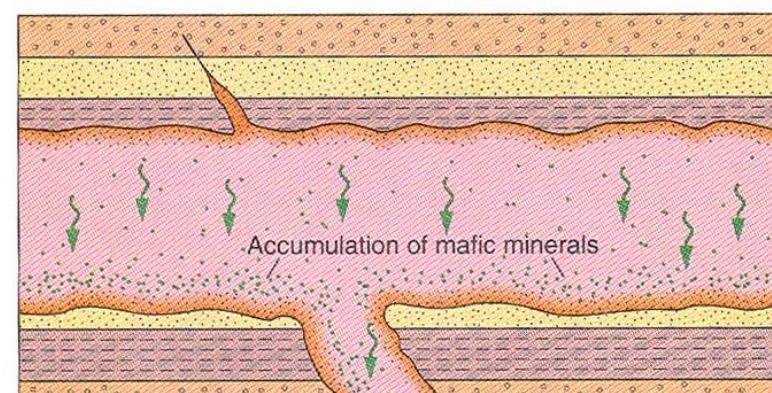
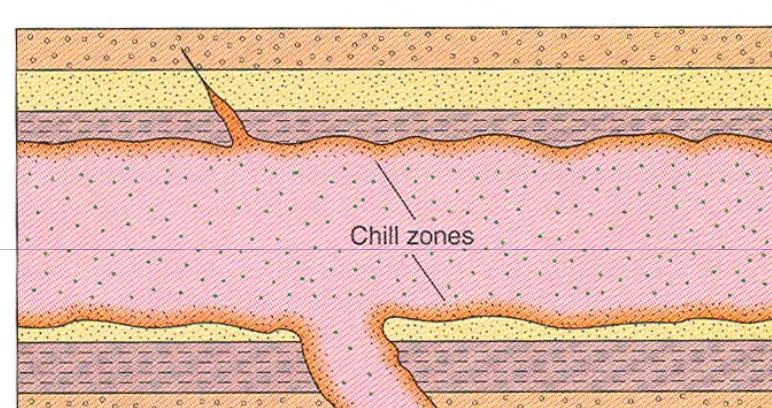
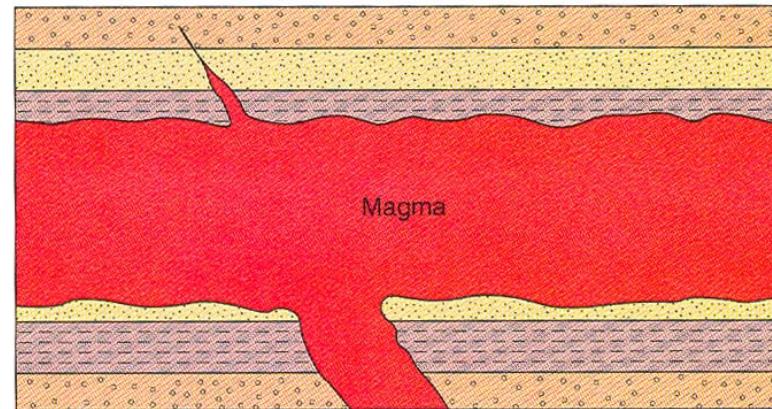
Odakle dolazi magma i kakvog je sastava?



Geolozi istražuju zašto su magme tako različitog sastava?

Na određenim mjestima pojavljuje se magma (lava) bazičnog sastava, a ponegdje magma (lava) kiselog sastava

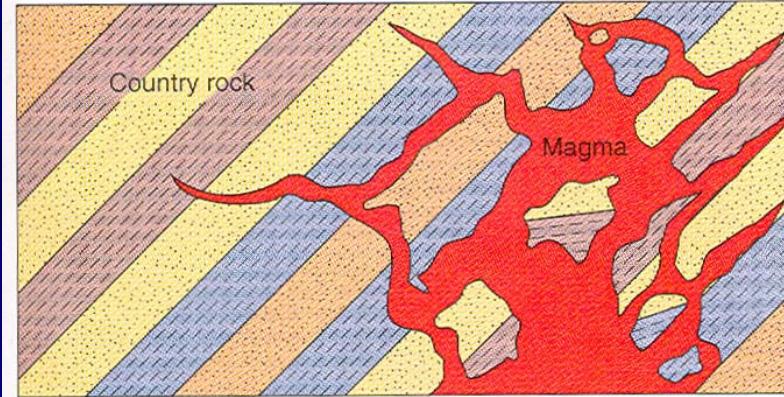
- Bowenova teorija podrupire hipotezu da sve magme (kisele, neutralne i bazične) nastaju iz jedinstvene (bazične) magme procesom diferencijacije
- ranije nastali minerali se izdvajaju iz magme, pri čemu taljevina postaje sve bogatija Si – kiselija.
- Presjek na kojemu je prikazan proces diferencijacije u silu i dajku. (A) Neposredno nakon intruzije magma je tekuća. (B) Prilikom sporog hlađenja prvo kristaliziraju minerali kao što je olivin. (C) Teži kristali koji su najranije formirani tonu, čime osiromašuju magmu bazičnim sastojcima



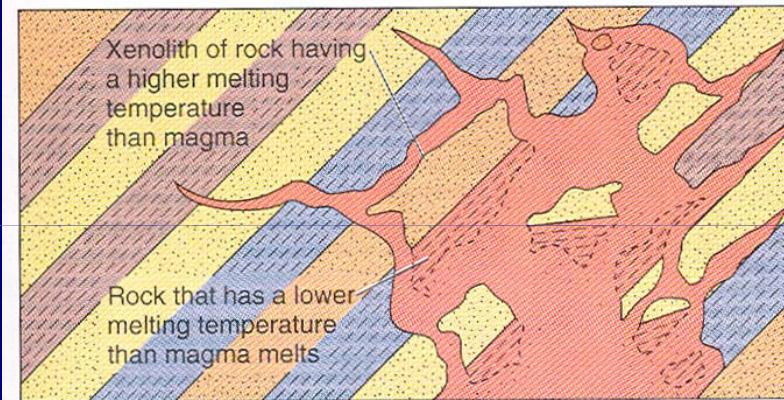
POSTANAK MAGME RAZLIČITOG SASTAVA

Asimilacija

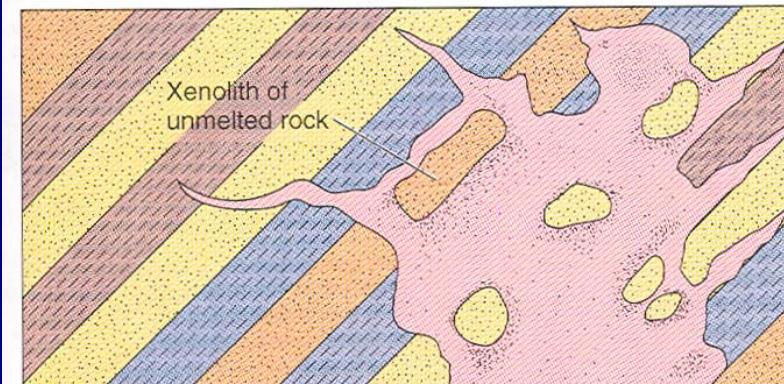
- vrlo vruća magma može otopiti stijene s kojima je u kontaktu i ASIMILIRATI ih (rastaliti) u sebi
- ako vruća bazična magma (npr. iz plašta) otopi dio kontinentalne kore, magma će postati bogatija silicijem i hladnija
- asimilacijom stijena kore u bazičnu magmu nastao je cirkum-Pacički niz vulkana izgrađen od andezita (neutralna stijena)



A



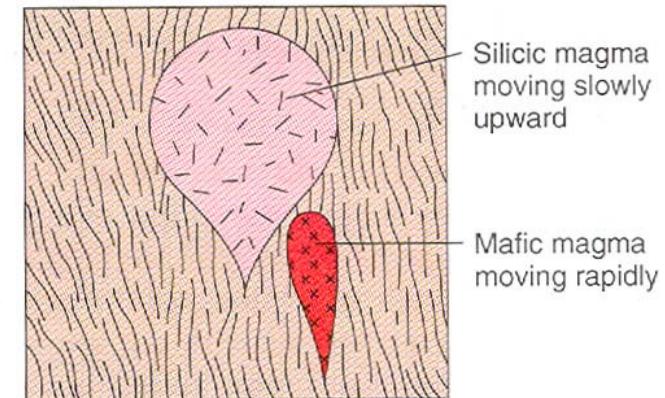
B



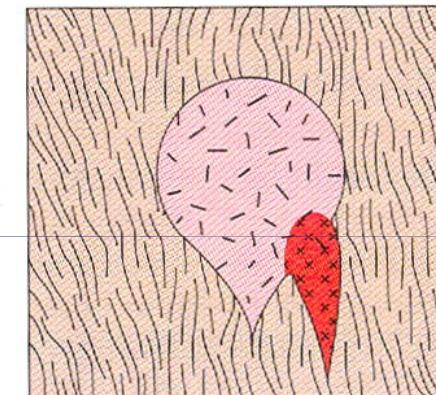
C

Miješanje magmi

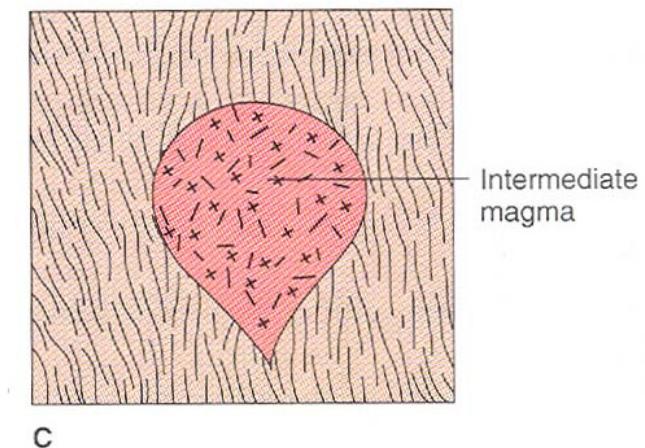
- jednostavan koncept da su magmatske stijene 'koktelji' magmi različitog sastava
- ukoliko je količina granitne magme približno jednaka količini bazaltne magme, rezultirajuća magma će kristalizirati u podzemlju kao DIORIT, a ako dođe do erupcije, na površini će nastati ANDEZIT



A



B



C

Silicic magma
moving slowly
upward

Mafic magma
moving rapidly

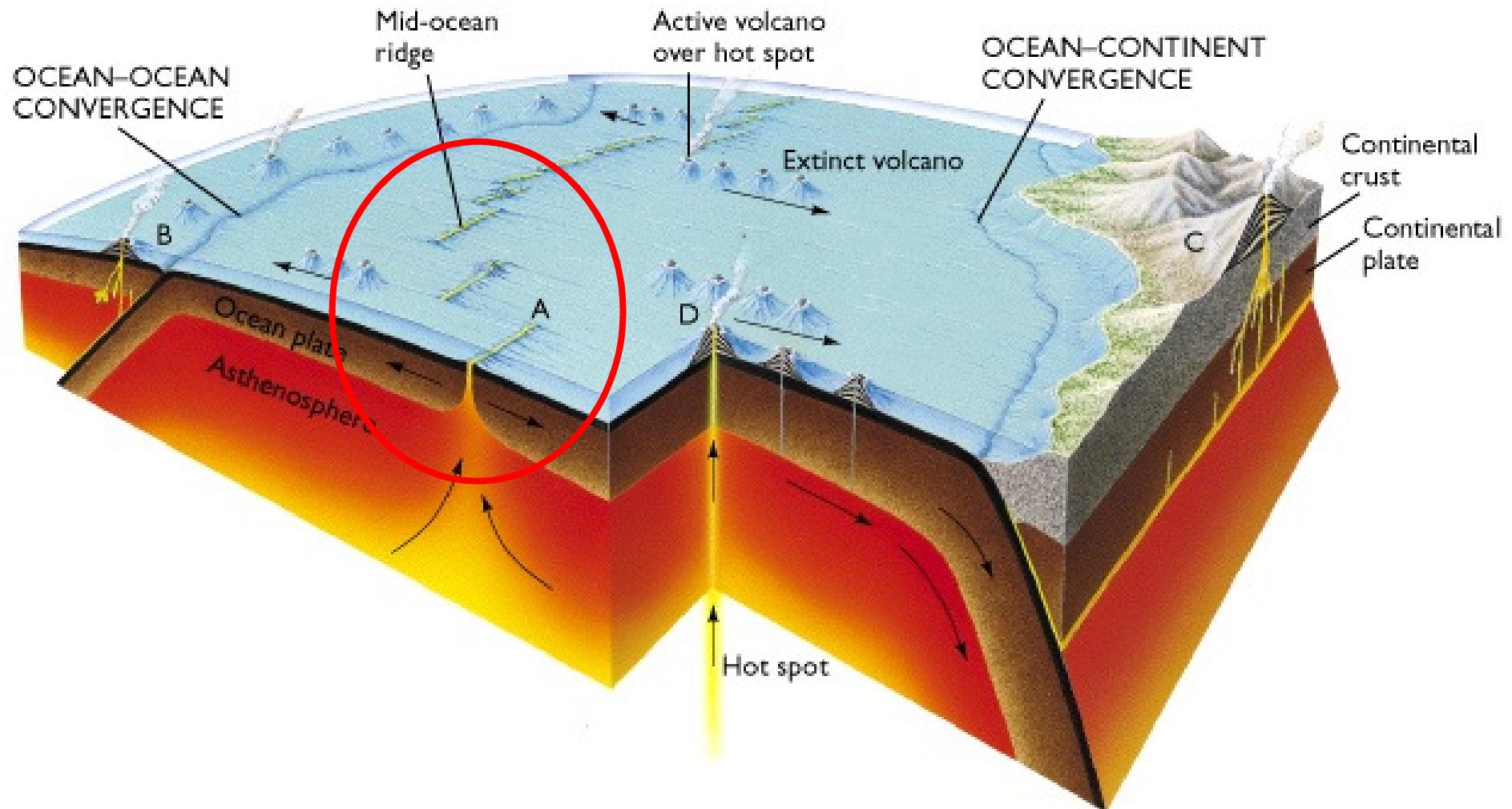
Intermediate
magma

OBJAŠNJENJE MAGMATSKE AKTIVNOSTI POMOĆU TEKTONIKE PLOČA

Položaj magmatskih stijena vezan
je na:

- Konvergentne granice tektonskih ploča
- Divergentne granice tektonskih ploča
- Na mesta "iznad vrućih točaka" (tzv.
"hot-spots")

MAGMATIZAM NA DIVERGENTNIM GRANICAMA

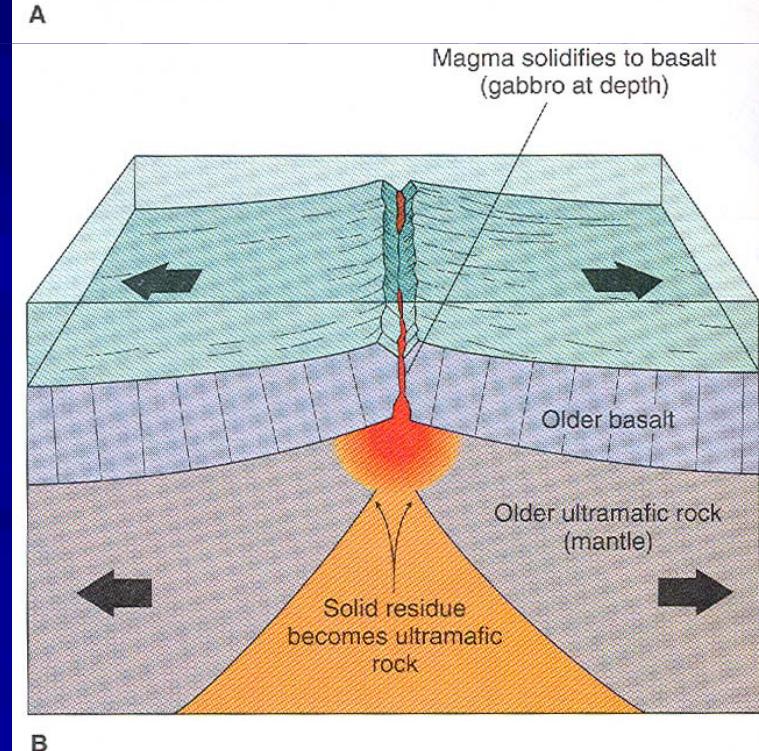
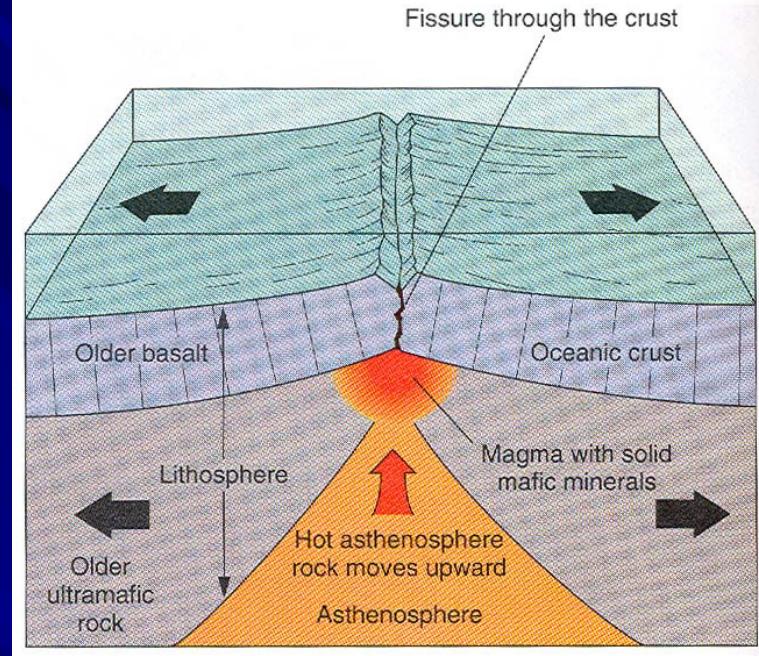


Magmatski procesi na divergentnim granicama

-na divergentnim granicama magma potječe iz astenosfere i ona je bazaltnog sastava

-duž divergentnih granica astenosfera se izdiže i smještena je plitko u odnosu na površinu (5-10 km)

-jedan dio bazične magme eruptira i nastaju podmorski grebeni, dio izlazi u obliku lave koja se hlađi u kontaktu s hladnom morskom vodom i formira jastučaste bazalte (pillow lava), dio penetrira u pukotine i formira dajkove

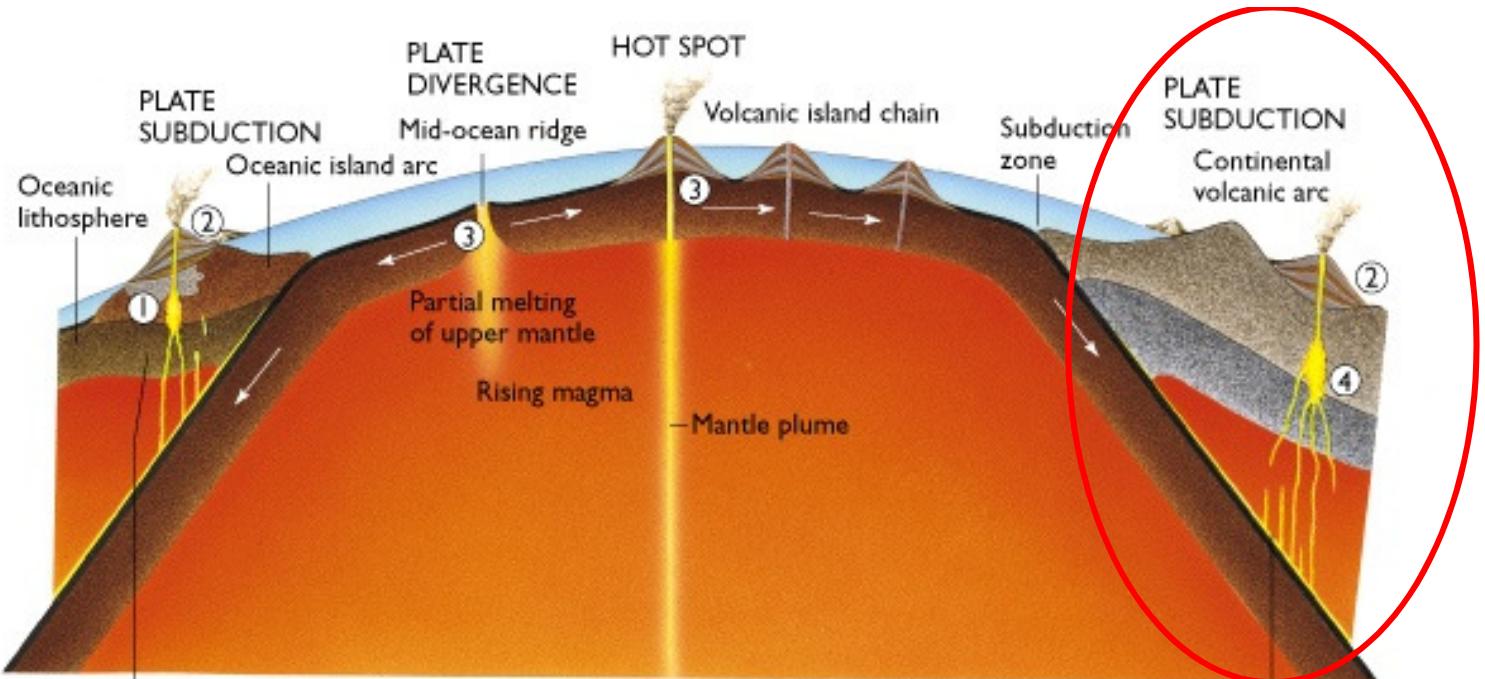


Pillow lava

Woods Hole Oceanographic Institute

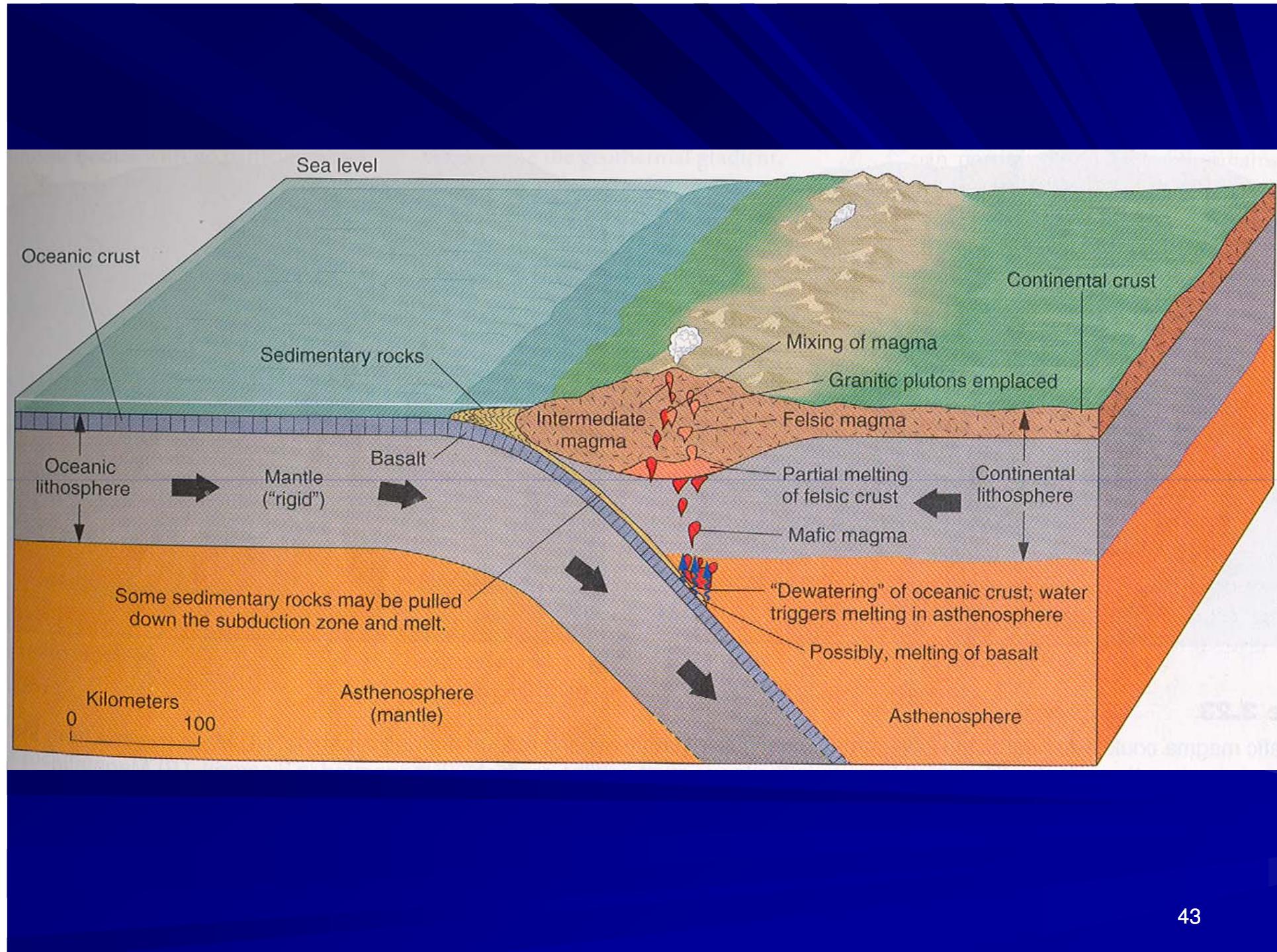


Laki pukotina
(Island) je
eruptirala 1783.
izbacujući
najveće tokove
lave u povijesti
čovječanstva.



MAGMATIZAM NA KOVERGENTNIM GRANICAMA

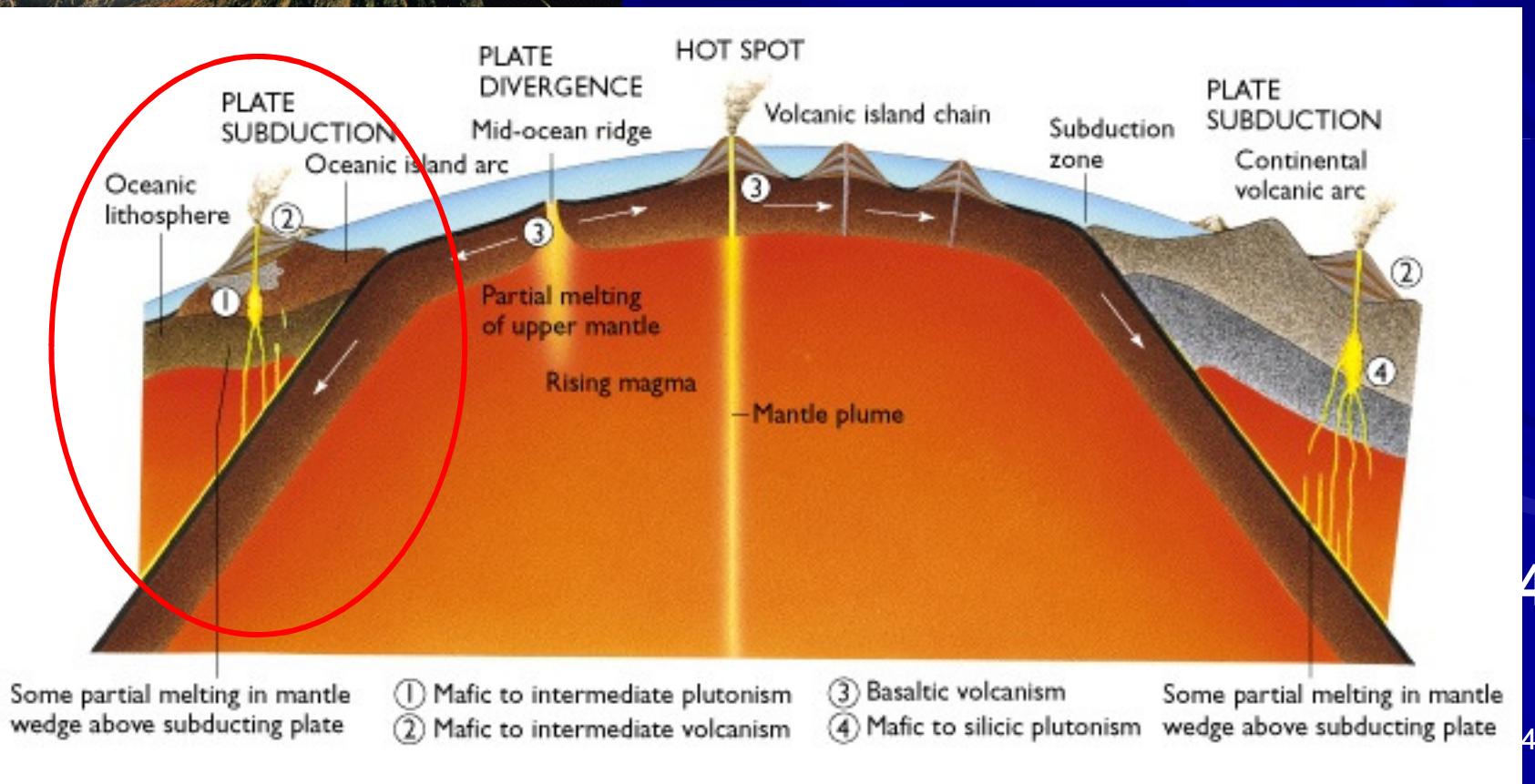
-neutralne i kisele magme povezane su s konvergencijom dviju ploča i subdukcijom. Usljed subdukcije dolazi do parcijalnog taljenja kore. Nastaje magma andezitskog neutralnog sastava; putovanjem magme kroz koru događa se: diferencijacija magme; asimilacija stijena kore; miješanje magme većine andezitskih vulkana (kao oni na zapadnoj obali Sjeverne i Južne Amerike) potječe s dubine od 100 km, tj. sa subducirajuće oceanske ploče koja klizi u astenosferu i parcijalno se tali i kroz sistem pukotina kreće prema površini Zemlje





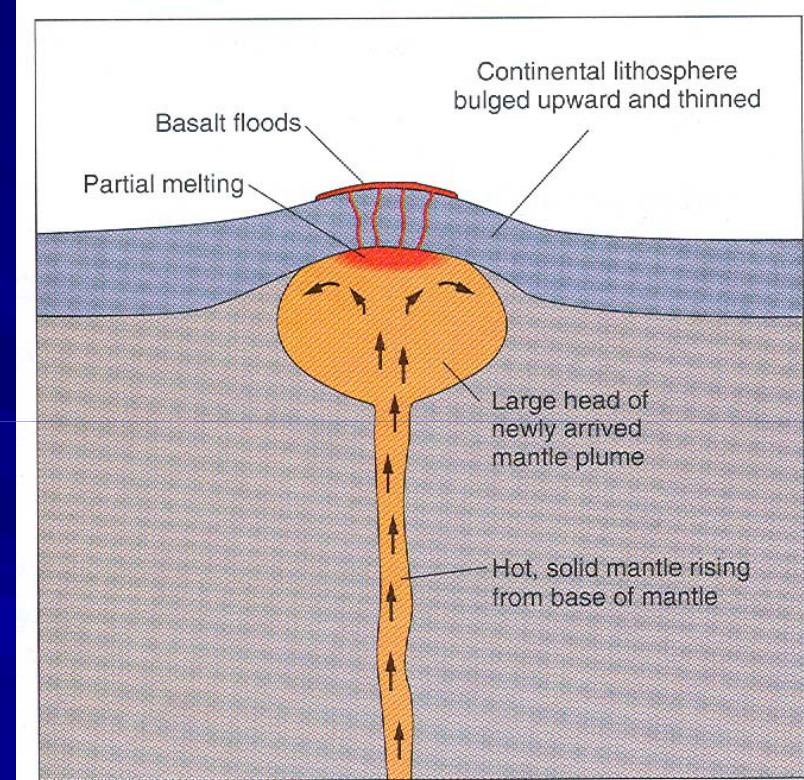
KONVERGENTNE GRANICE PLOČA

Vulkanski otočni lukovi, Indonezija, Japan

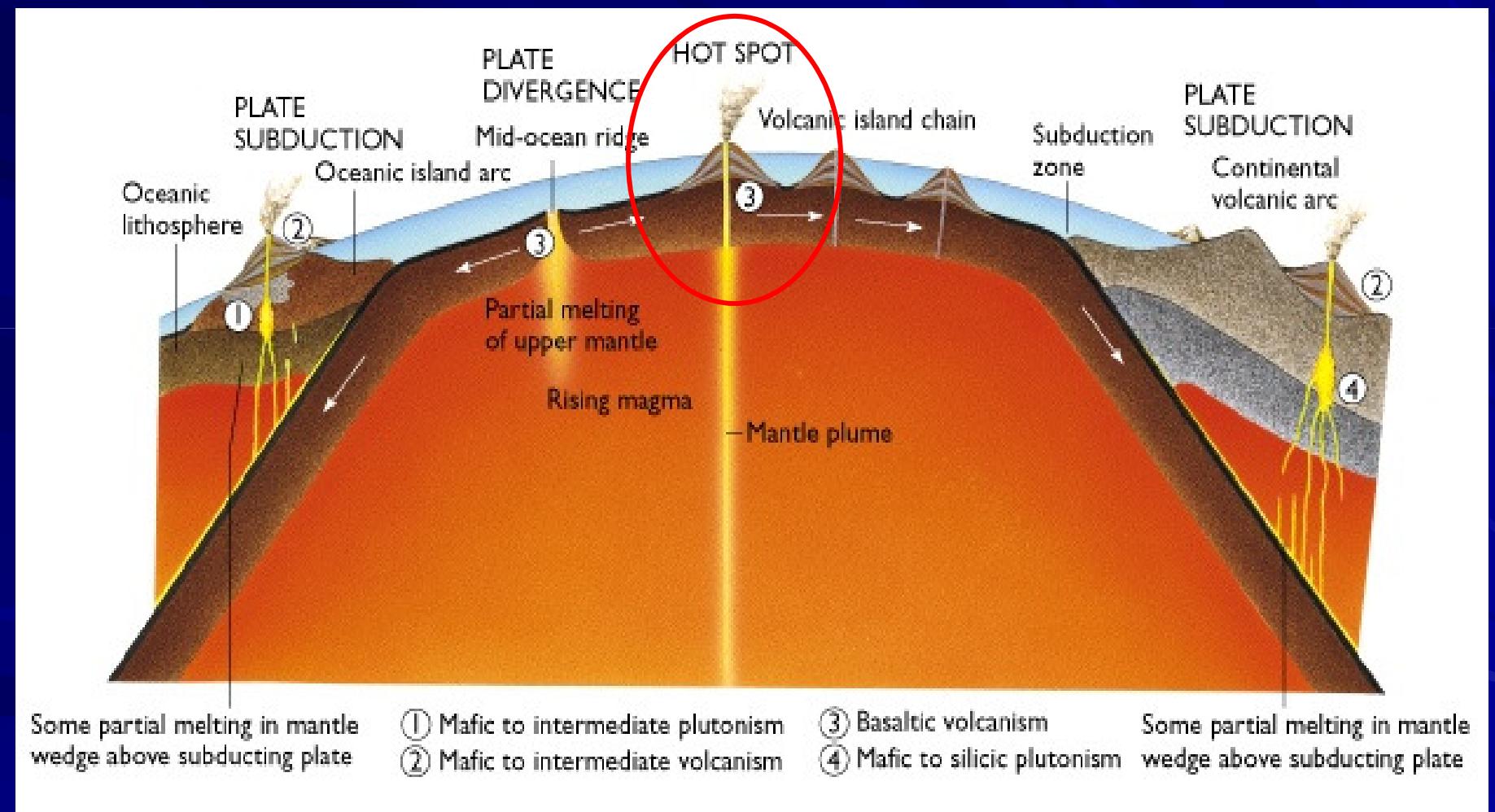


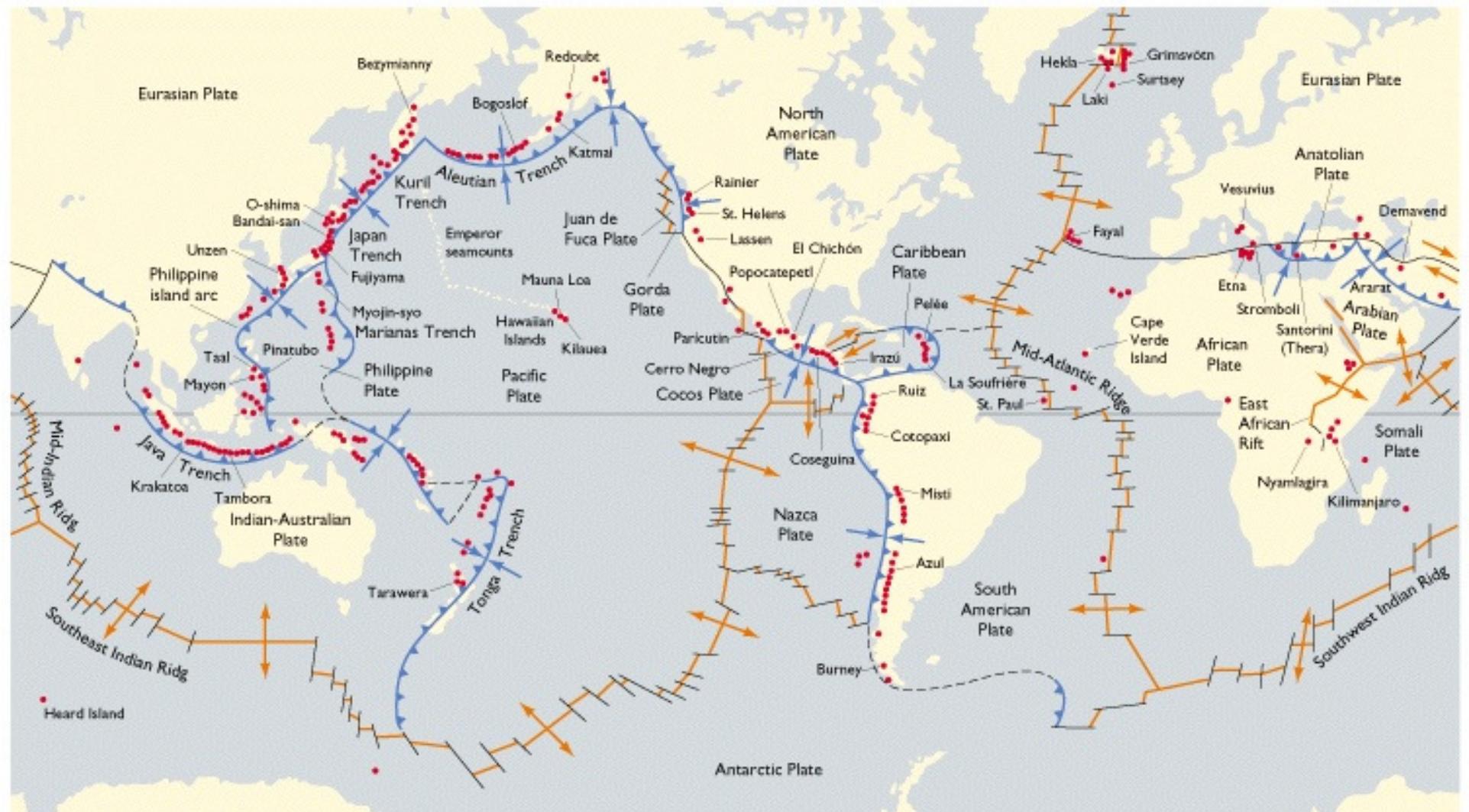
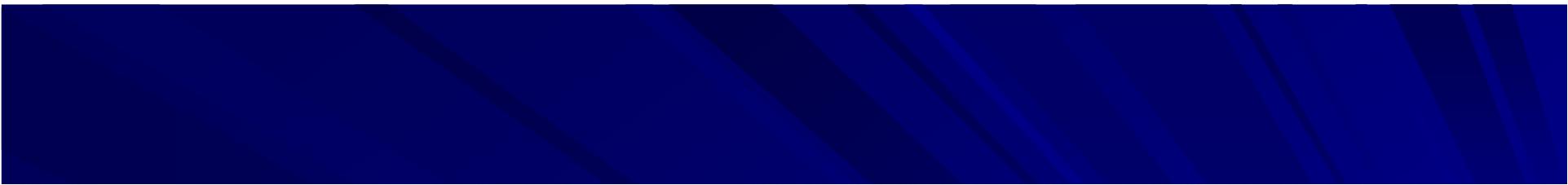
Magmatski procesi unutar ploča

- Havajski vulkanizam je neobičan jer se ne nalazi na granici ploča, već se ispod pacifičke ploče nalazi vruća 'gljiva' magme koja dolazi iz plašta
- slično je nastao i bazalt platoa u Kolumibiji i erupcija riolita u Yellowstone nacionalnom parku



Magmatizam unutar ploča vezan na mesta "iznad vrućih točaka" (tzv "hot-spots") **Hawaii**





Ustanovljeni su tokovi lave visokog viskoziteta
(viskozitet = otpor tečenju); lava se kreće sporo
magma niskog sadržaja silicija — bazična
magma
bazalt



Ustanovljene su također eksplozivne vulkanske erupcije gdje lava ne teče nego se prilikom erupcija u zrak izbacuje ogromna količina vulkanskoga materijala.

- visok sadržaj silicija
- lave su niskog viskoziteta, bogate lakohlapljivim komponentama (volatilima) i vodom što uzrokuje eksplozivnost
- po sastavu to su neutralne i kisele magme
- andezit, granit



**Vulkanska eksplozija
u Tihom oceanu**

EKSPOZIVNE VULKANSKE ERUPCIJE
(piroklastične erupcije) izbacuju ogromne količine
vulkanskog pepela (sitne čestice) i vulkanskih
aglomerata ili bombi (krupni fragmenti) koje tvore
PIROKLASTIČNE STIJENE



- PIROKLASTIČNE STIJENE predstavljaju specifičnu podlogu na kojoj nastaju bogata, hranjiva tla!
- Piroklastične stijene mogu imati veću debljinu ili biti sačuvane kao vrlo tanki pokrovi

San Juan, Meksiko, Zatrpanje vulkanskim pepelom iz vulkana Paricutin



Piroklastiti iz erupcije 1998. na Montserratu



R.S. Sparks

Mogu se formirati i tokovi vulkanskog pepela (*ignimbriti*)

Tokovi su mješavina vrućih tekućina, plinova i piroklastičnog materijala kao gusta žitka masa slična tekućem betonu

Brzina kretanja i do 100 km/h

AP/Wide World Photos



Ignimbritski tok na planini Mount Unzen, Japan, 1991

Fig. 5.9
55

23000 poginulih u 1985. zbog tečenja vulkanskog mulja, Nevada del Ruiz





Ignimbriski tok je zatrcao
Pompeje