

Magmatizmus



Magmatizmus

- všetky geologické procesy vedúce ku vzniku magmatických telies v litosfére.
- zahŕňajú vznik **magmy**, jej výstup z miesta vzniku do vrchných častí zemskej kôry, prípadne až na zemský povrch.
- podľa miesta stuhnutia magmy rozlišujeme dva základné typy magmatizmu:
 - **intruzívny (hlbinný) magmatizmus** – plutonizmus - je spätý s prenikaním magmy do horninového prostredia, k jej stuhnutiu dochádza vo veľkých hĺbkach. Telesá magmatických hornín sú na povrchu odkryté až po výzdvihu a erózii,
 - **efuzívny (výlevný) magmatizmus** – vulkanizmus – magma sa v podobe lávy dostáva na zemský povrch, kde jej stuhnutím vznikajú telesá vulkanických hornín.

Active Volcanism

Ancient Volcanic Features



ash plume

cinder cone

recent lava flows

stock with radiating dikes

palisade

volcano

stock

laccolith

conduit

sill

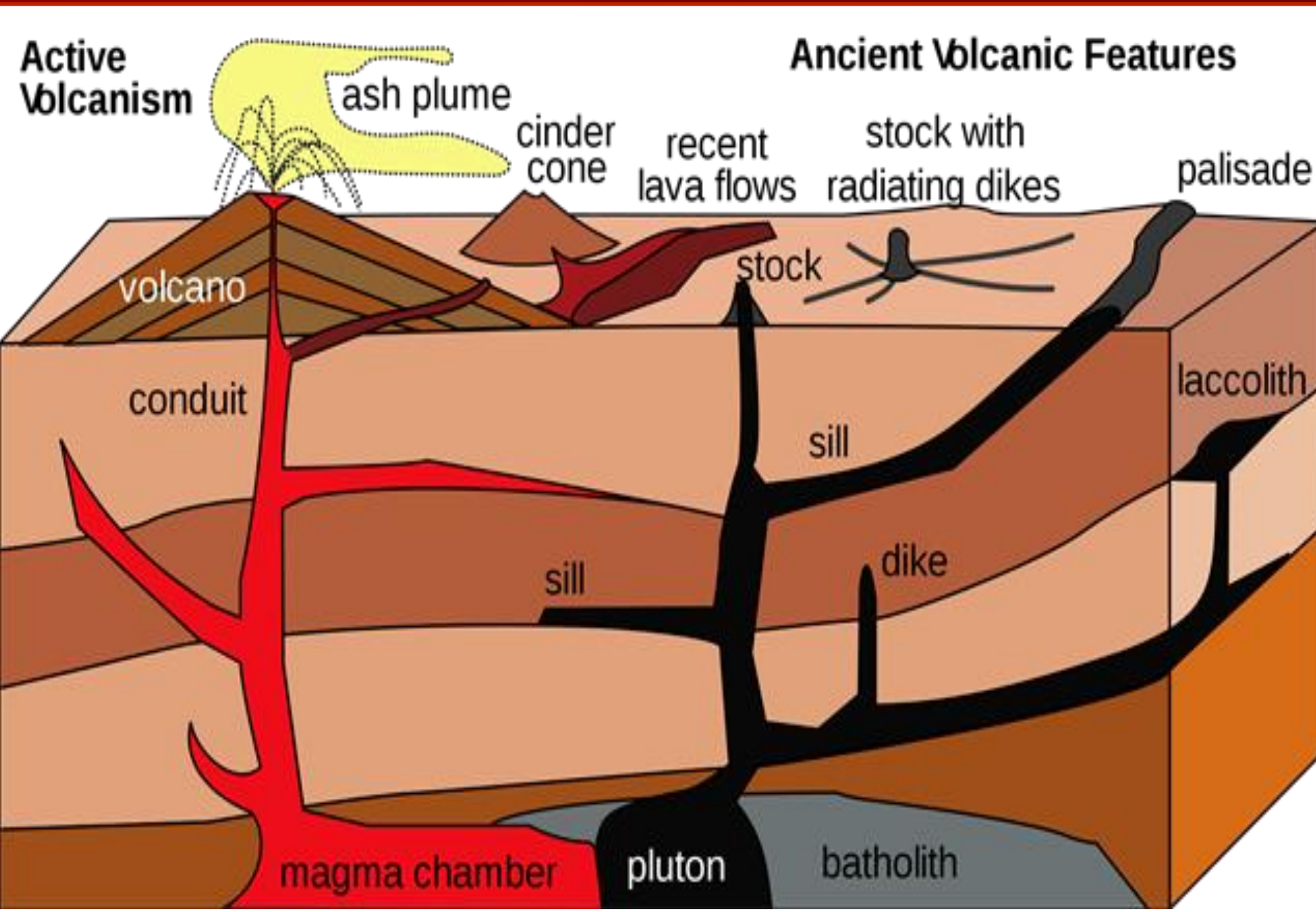
sill

dike

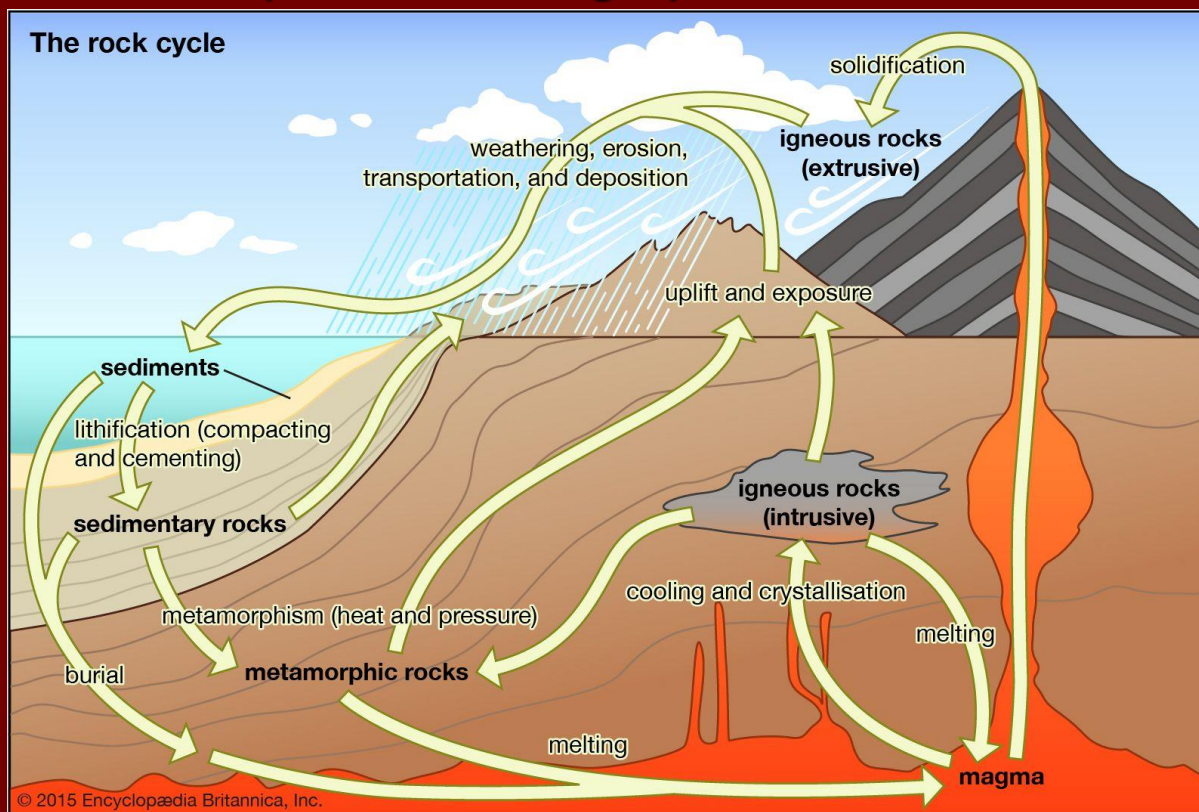
magma chamber

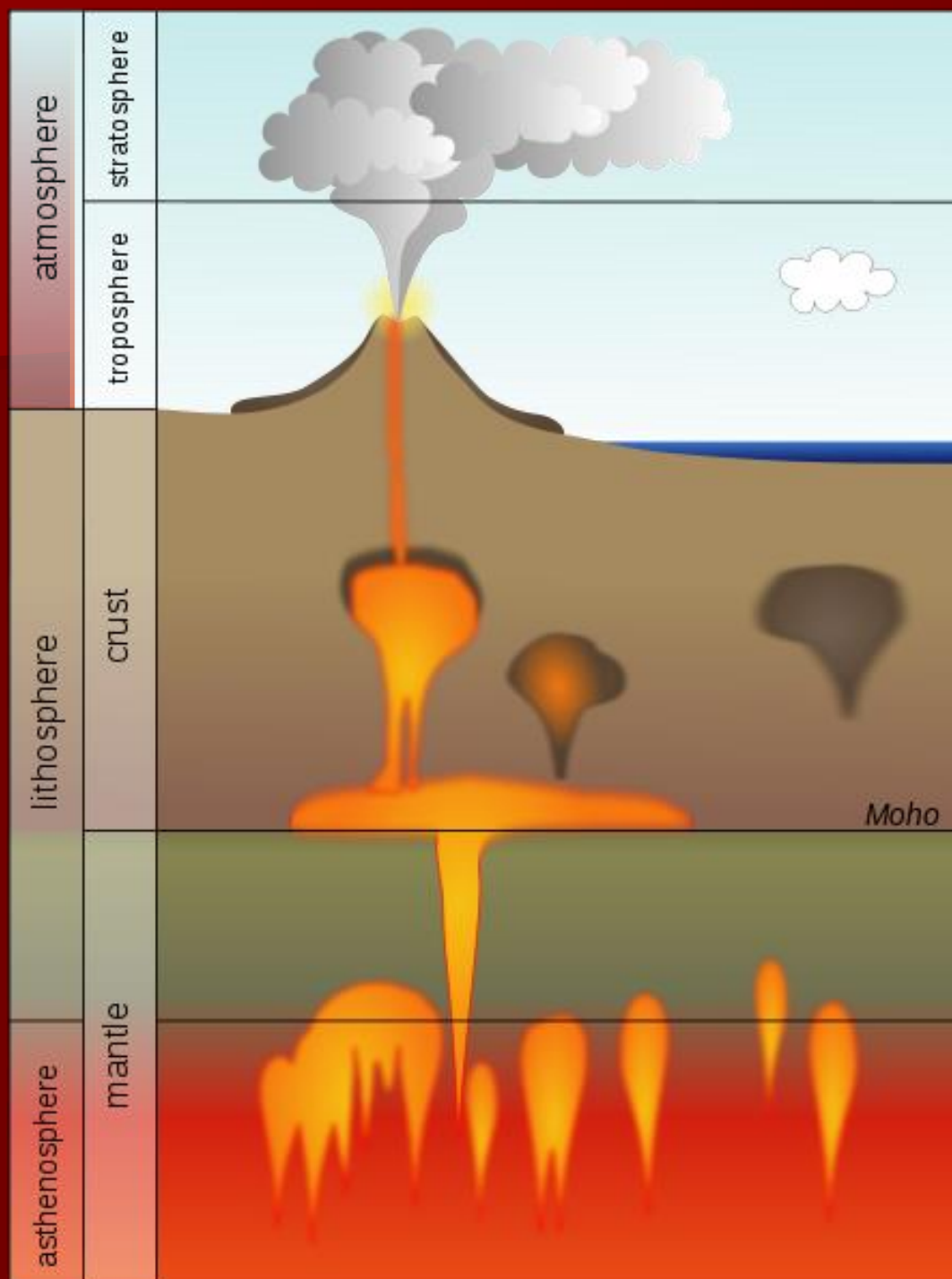
pluton

batholith



- **Magmatizmus je zložitý geologický proces, ktorý zahrňuje:**
 - parciálne (čiastočné) alebo úplné roztavenie pevných (preexistujúcich) hornín a vznik magmy,
 - výstup magmy do vyšších častí vrchného plášťa alebo zemskej kôry,
 - diferenciáciu magmy procesmi frakčnej kryštalizácie,
 - kontamináciu magmy okolitými horninami,
 - chladnutie a kryštalizáciu magmy.





Volcanic gasses mix with the atmosphere

Volcanic eruption, extrusion of lava

Magma differentiation in magma reservoirs

Intrusion, stagnation, crystallisation

Intrusion, underplating

Magma rises

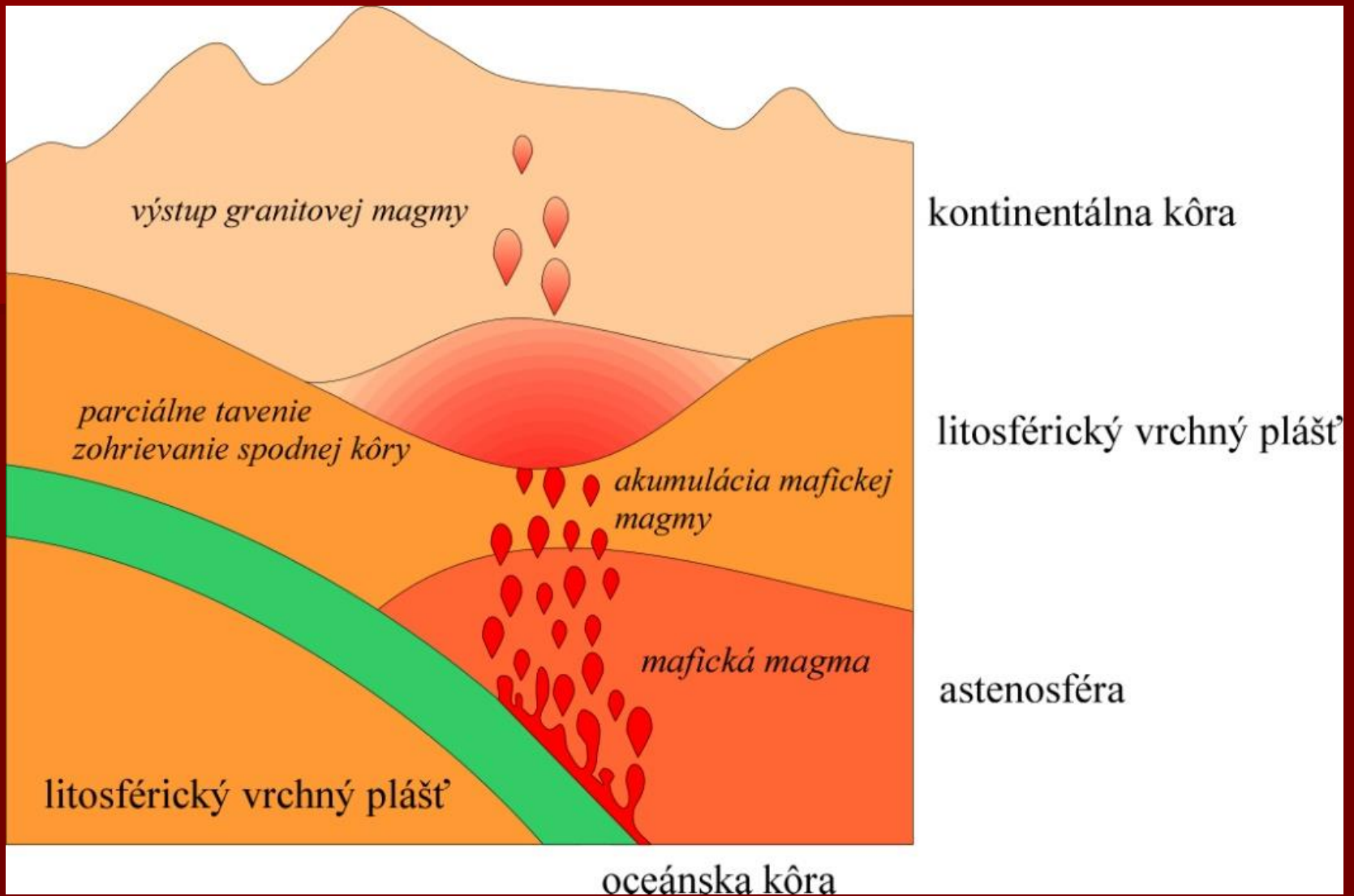
Partial melting, origin of magma

Magma

- je horúci, mobilný prírodný horninový materiál (tavenina), ktorý je schopný vnikat', ale aj prenikať cez tuhé horniny zemskej kôry,
- vzniká prevažne v astenosfére, v hĺbkach do 200km, teplota sa pohybuje od 650°C do 1200°C,
- nie je prístupná priamemu pozorovaniu,
- je ľahšia ako okolité horniny, preto vystupuje do vyšších častí zemskej kôry, prípadne dosahuje zemský povrch,
- magma, ktorá sa dostane na zemský povrch sa označuje ako **láva**,
- Magma je tvorená:
 - **kvapalnou fázou** – najčastejšie silikátovou, zriedkavo karbonátovou alebo rudnou taveninou,
 - **plynnou fázou** – vodná para, CO₂, HCl, HF, H₂S, N, He, SO₂, SO₃, H₃BO₃. Časť tejto fázy je obsiahnutá v kvapalnej fáze. Významne ovplyvňuje pohyblivosť magmy, teplotu tavenia hornín, ako aj typ vulkanickej aktivity,
 - **tuhou fázou** – reprezentovanou neroztaveným zvyškom horniny (rezíduum), ako aj novovytvorenými kryštálmi minerálov s vyššou teplotou tavenia ako je teplota taveniny.

Tavenie

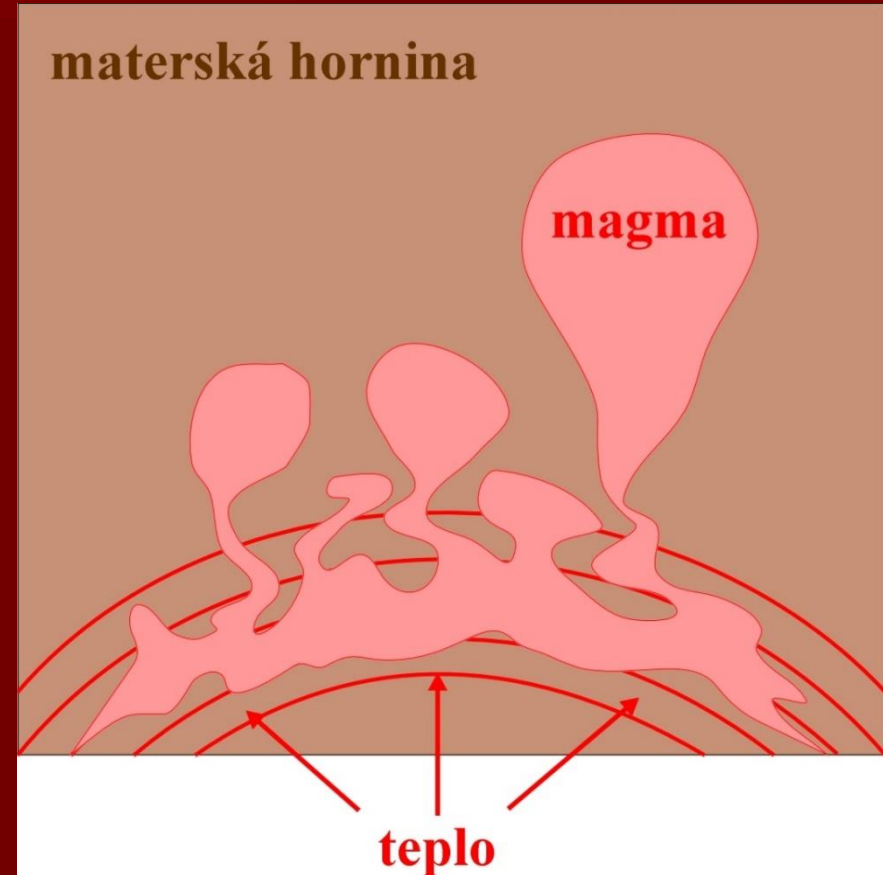
- horniny sú zmesou rôznych minerálov a k ich taveniu nedochádza pri rovnakej teplote, tavia sa postupne - hovoríme o tzv. **parciálnom tavení**,
- pri parciálnom tavení sa taví tá časť minerálov, pre ktoré bola dosiahnutá kritická teplota. Napríklad teplota tavenia α -kremeňa je 573°C . Po jej dosiahnutí sa v hornine začína kremeň taviť a meniť sa na taveninu, ktorá má odlišné chemické zloženie ako neroztavené minerály.
- pri ďalšom zvyšovaní teploty sa v tomto zvyšku postupne taví jeden minerál po druhom, pričom vzniknutá tavenina má neustále odlišné zloženie. Ak hornina dosiahne teplotu tavenia najodolnejšieho minerálu (minerálu s najvyššou teplotou tavenia), dochádza k jej úplnému roztaveniu a vytvorí sa magma.
- teplota tavenia jednotlivých minerálov je premenlivá a je ovplyvňovaná tlakom, množstvom prítomných plynov (najmä vody) a typom okolitých minerálov.



Proces parciálnej anatexie (čiastočného roztavenia) – vytvorená magmatická tavenina sa v dôsledku tepla a hustotných rozdielov separuje od reziduálnej (zvyškovej) materskej horniny. Rezíduum je ochudobnené o prvky, ktoré počas parciálneho tavenia vstupujú do zloženia magmatickej taveniny

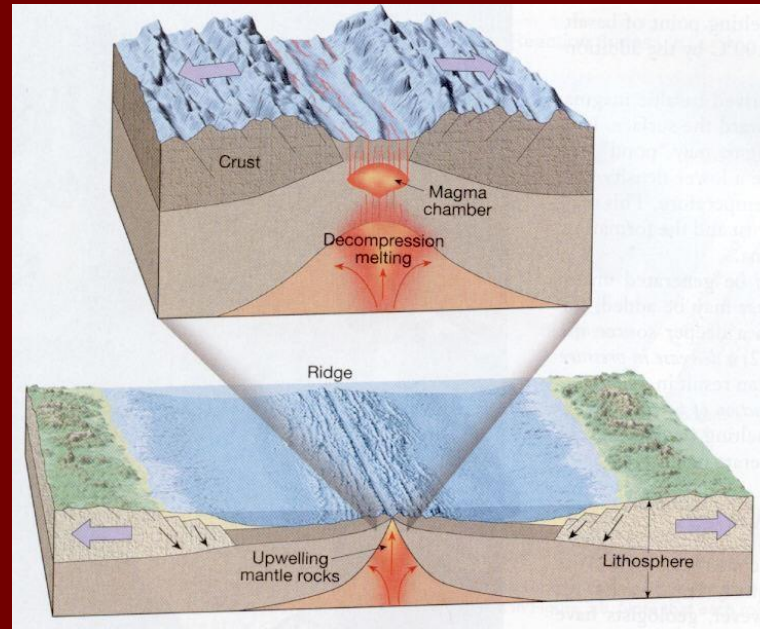
Teplota

- pre vznik magmy parciálnym tavením je potrebný adekvátne veľký zdroj tepelnej energie,
- aby sa začali horniny taviť sú potrebné vysoké teploty,
- zdrojom tepla pri vzniku magmy je vnútorná energia Zeme. V zemskom telese so stúpajúcou hĺbkou, stúpa aj teplota,
- môžeme teda predpokladať, že v určitej hĺbke teplota dosiahne takú hodnotu, že sa horniny začnú taviť.



Tlak

- Horniny, ktoré sa pri povrchu tavia pri určitej teplote, potrebujú vo väčších hĺbkach vyššiu teplotu. Príčinou je tlak.
- Vplyv tlaku na zmenu teploty vysvetľuje aj dôvod, prečo sa horniny hlbšie v kôre a v plášti netavia.
- Pevné horniny sú vo veľkej hĺbke prehriate a pri vystupovaní k povrchu si udržia v podstate stabilnú teplotu. Ak sa dostanú do hĺbky menšej ako 50km, zníži sa tlak a horniny začnú vytvárať magmu (to však závisí od vlastností minerálov)

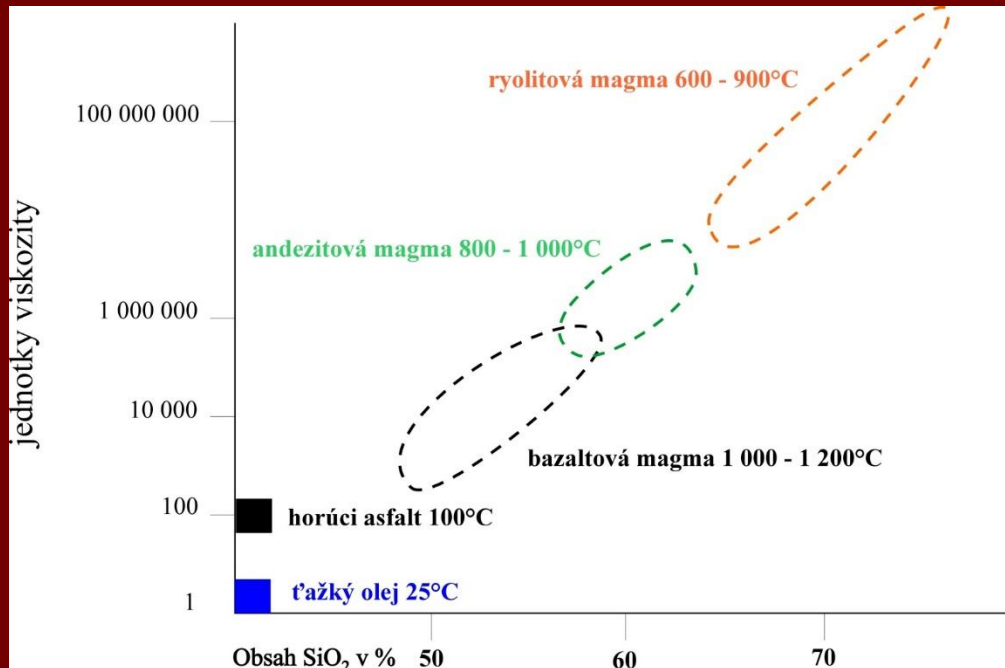


Zloženie magmy

- Mnohozložkový charakter magmy sa prejavuje pestrou škálou magmatických hornín, ktoré sú generálne tvorené 6 základnými minerálmi:
 - **kremeňom, živcami, slúdami, amfibolmi, pyroxénmi a olivínom.**
- tvoria ich: Si, Al, Ca, Na, K, Mg, Fe, H, O
- väčšinou vystupujú vo forme oxidov: SiO_2 , Al_2O_3 , CaO , Na_2O , K_2O , MgO , FeO , Fe_2O_3 , H_2O
- najčastejším oxidom je SiO_2
- dôležitú zložku tvoria aj plyny – vodná para a CO_2 tvoria 90% objemu plynov, ktoré unikajú z vulkánov.
- medzi ďalšie plyny patria N, Cl, S, Ar – nepresahujú 1 %

Pohyblivosť magmy

- **viskozita** – je vnútorná vlastnosť látok / kvapalín prejavujúca sa vnútorným trením, ktoré vyvoláva odpor k jej tečeniu (opak fluidity).
- viskozita závisí od zloženia (najmä SiO_2 a plynov) a teploty
- Najpomalšie a najviskóznejšie sú magmy ryolitového zloženia (70 % SiO_2). Vysoká viskozita zabraňuje úniku plynov, tie sa akumulujú, upchávajú prírodný kanál, čoho následkom sú silné explózie.



ryolitová magma má vyšší obsah SiO_2 a preto tečie veľmi pomaly (má vysokú viskozitu)

Typy magmy

- Podľa prevládajúcich typov magmatických hornín je magma:
 - **bázická** (bazaltová, mafická) - 50% SiO₂,
 - **intermediárna** (andezitová, neutrálna) - 60 % SiO₂,
 - **kyslá** (ryolitová, granitová, felzická) - 70% SiO₂.
- Zdrojom **bazaltovej magmy** sú horniny vrchného plášťa. Ide o bezvodú, alebo na vodu veľmi chudobnú magmu (menej ako 0,1%) vznikajúcu suchým parciálnym tavením hornín vrchného plášťa. Laboratórne experimenty preukázali, že vzniká v hĺbkach 100 – 350km pod zemským povrchom. Vzhľadom na jej vysokú teplotu a nízku viskozitu vystupuje k zemskému povrchu veľmi rýchlo. Je tvorená olivínom, pyroxénmi, plagioklasmi, prípadne granátom. Stuhnutím bázickej magmy vznikajú bazalty (na zemskom povrchu) a gabrá (pod povrchom).

- **Intermediárna magma** produkuje andezity alebo diority a jej vznik je komplikovanejší. Predpokladá sa, že má pôvod v diferenciacii a kontaminácii primárnej bazaltovej magmy, v úplnom roztavení časti zemskej kôry alebo vzniká vytavovaním z hmoty vrchného plášťa. Experimenty dokázali, že môže vznikáť pri mokrom tavení bazaltov, napr. pri subdukcii litosferických dosiek s oceánskou kôrou. K taveniu dochádza v hĺbke 80km a viac. Stuhnutím tejto magmy vznikajú andezity a diority.
- **Kyslá magma** vzniká výlučne v kontinentálnej kôre parciálnym tavením za prítomnosti vody. Na jej vzniku sa môžu podieľať bazaltové magmy vystupujúce z veľkých hĺbok spôsobujúce parciálne tavenie nadložných hornín kontinentálnej kôry. Vysoká viskozita kyslej magmy spôsobuje jej pomalý výstup. Stuhnutím kyslej magmy vznikajú granity a ryolity.

Caldera created by a supereruption

Felsic crust

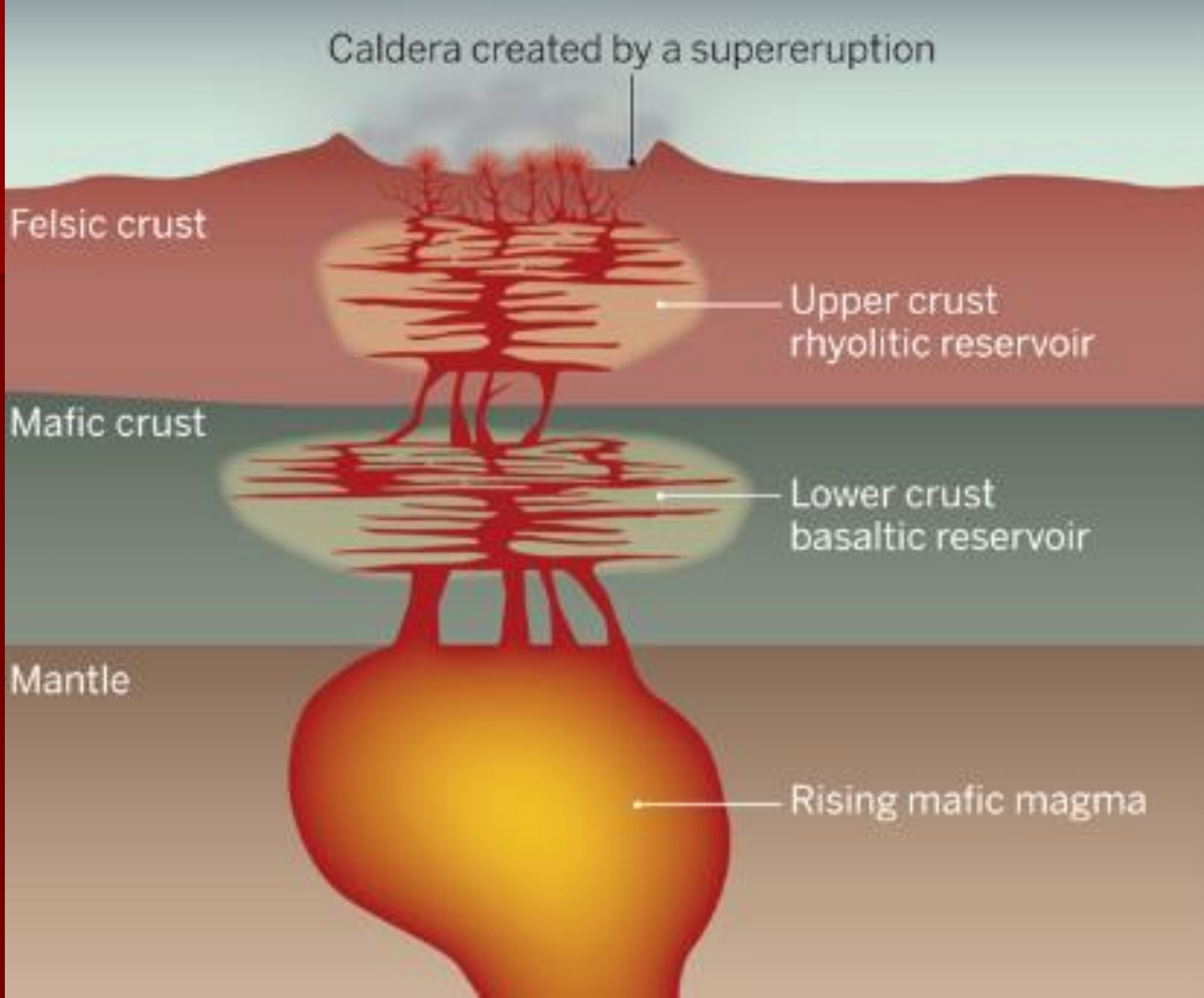
Mafic crust

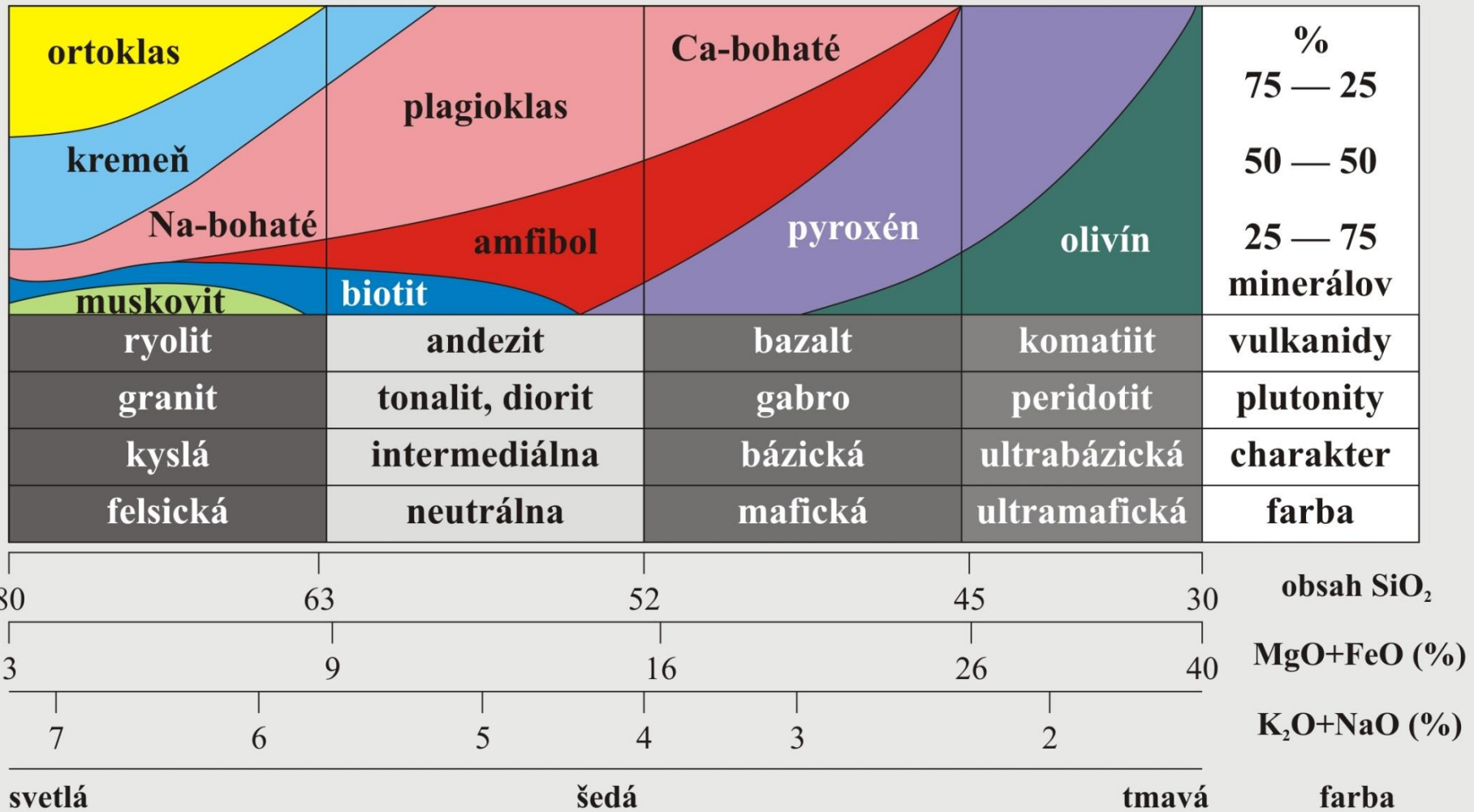
Mantle

Upper crust
rhyolitic reservoir

Lower crust
basaltic reservoir

Rising mafic magma

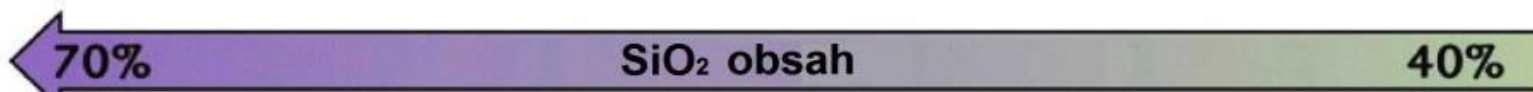
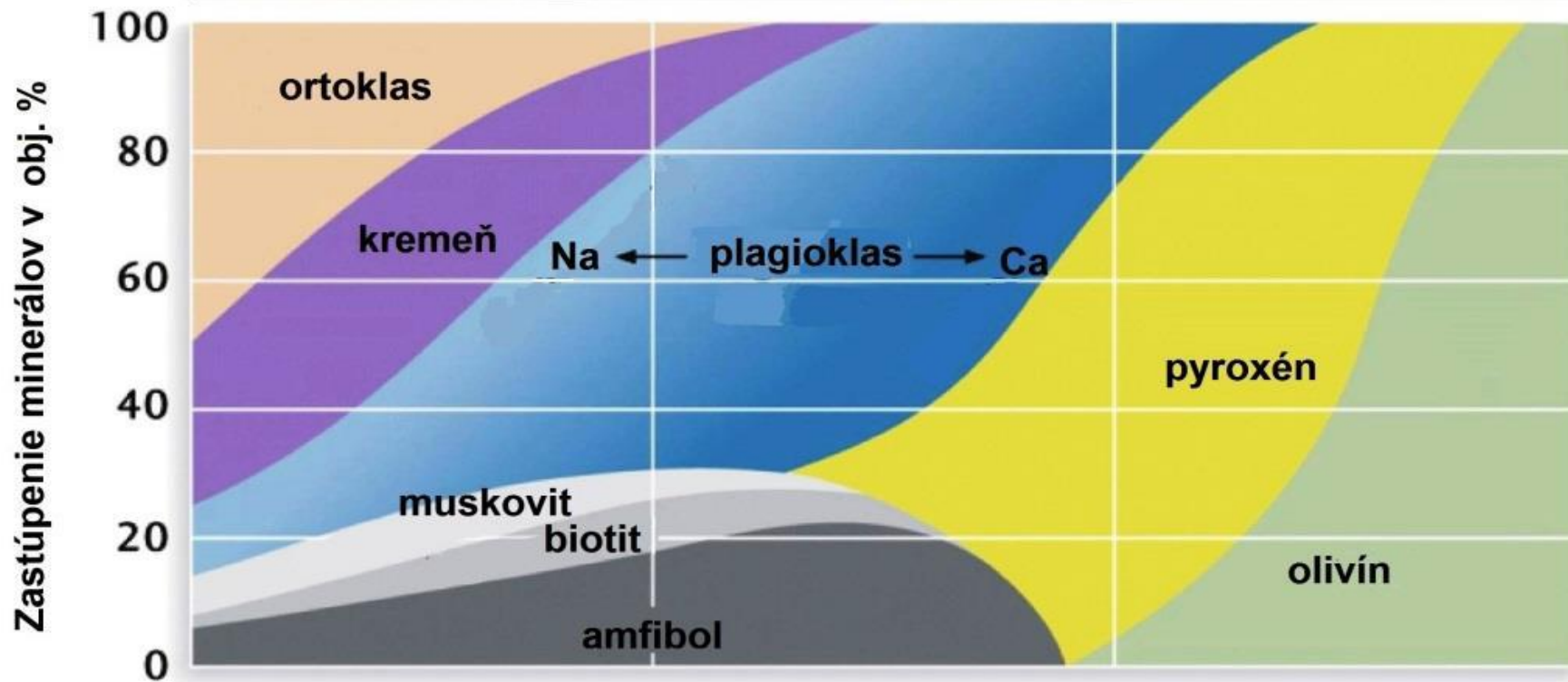




Zloženie

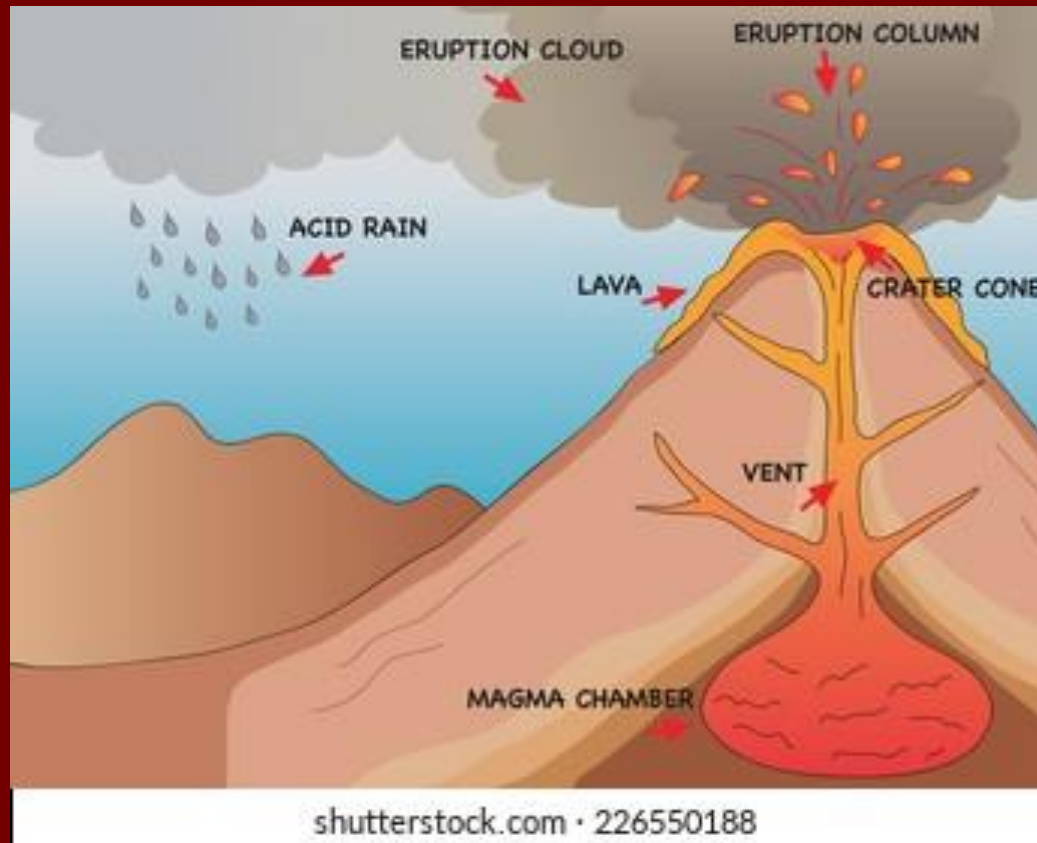
Hornina

KYSLÉ	INTERMEDIÁRNE	BÁZICKÉ	ULTRABÁZICKÉ
granit ryolit	diorit andezit	gabro bazalt	peridotit pikrit

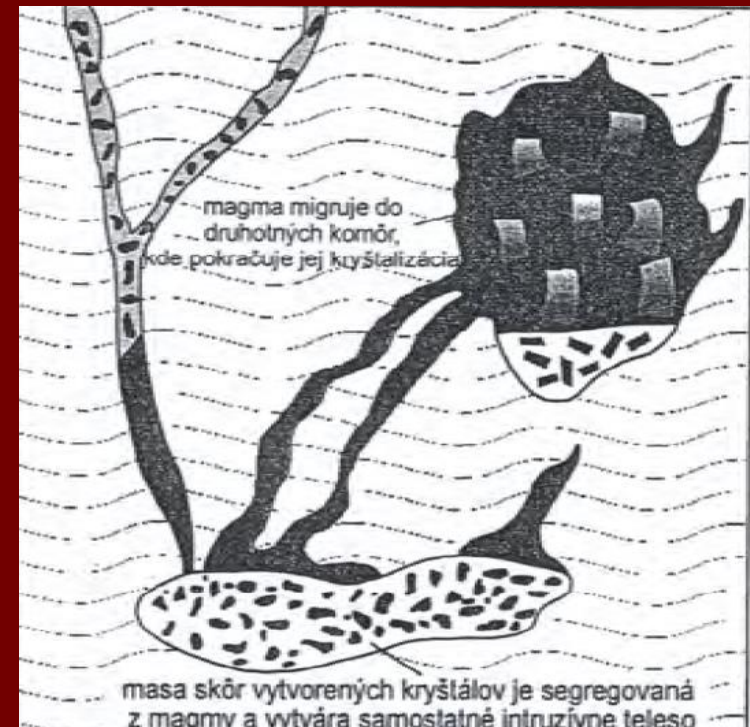


Vznik magmatických hornín

- magmatické horniny vznikajú kryštalizáciou z magmy (opak parciálneho tavenia),
- proces kryštalizácie prebieha v magmatických komorách a v prírodných cestách, ktorými sa magma dostáva na povrch,

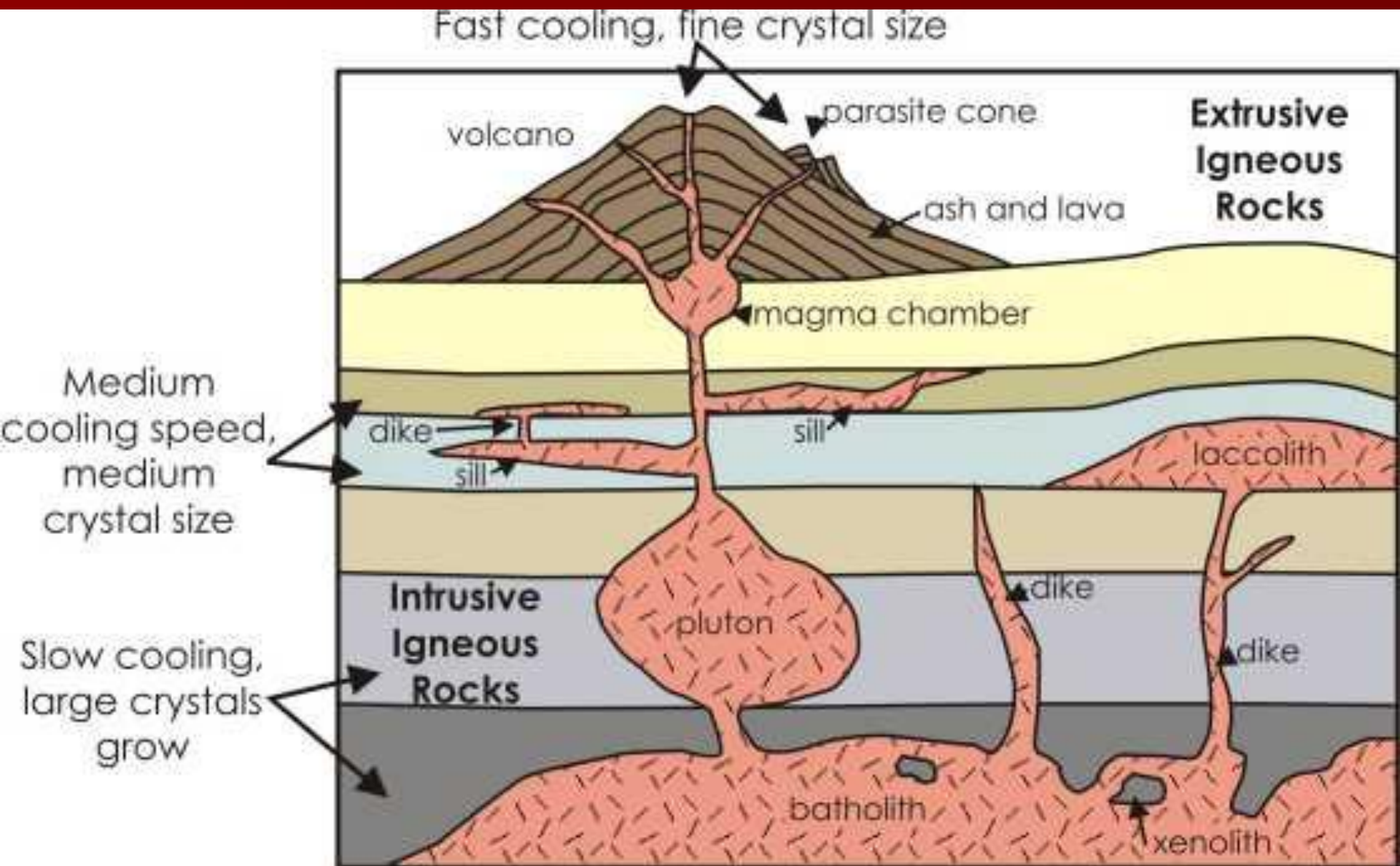


- pri poklese teploty dochádza ku kryštalizácii minerálov,
- magma sa postupným tuhnutím mení na zmes vykryštalizovaných minerálov a zvyškovej taveniny,
- K separácii vykryštalizovaných minerálov od taveniny môže dôjsť viacerými spôsobmi.
- Napr. gravitačným poklesávaním minerálov na dno taveniny alebo vytlačenie taveniny pri kompresii.



Klasifikácia magmatických hornín

- magmatické horniny vznikajú tuhnutím a kryštalizáciou magmy alebo lávy v zemskej kôre prípadne na zemskom povrchu,
- proces tuhnutia a kryštalizácie taveniny ovplyvňujú: chemické zloženie, teplota, tlak, hĺbka tuhnutia, obsah prchavých komponentov. Rýchlosť, podmienky kryštalizácie a zloženie magmy určujú jej výsledné zloženie a vzhľad,
- Podľa miesta kryštalizácie (utuhnutia) rozlišujeme horniny:
 - **intruzívne (plutonické, hlbinné),**
 - **extruzívne (vulkanické, výlevné).**
- Podľa hĺbky ich vzniku delíme horniny na:
 - **hlbinné (abysálne)** – vznikli pomalým tuhnutím magmy vo veľkých hĺbkach,
 - **žilné (hypoabysálne)** – vznikli v puklinách v menšej hĺbke, bližšie k zemskému povrchu,
 - **výlevné** – kryštalizujúce na zemskom povrchu.

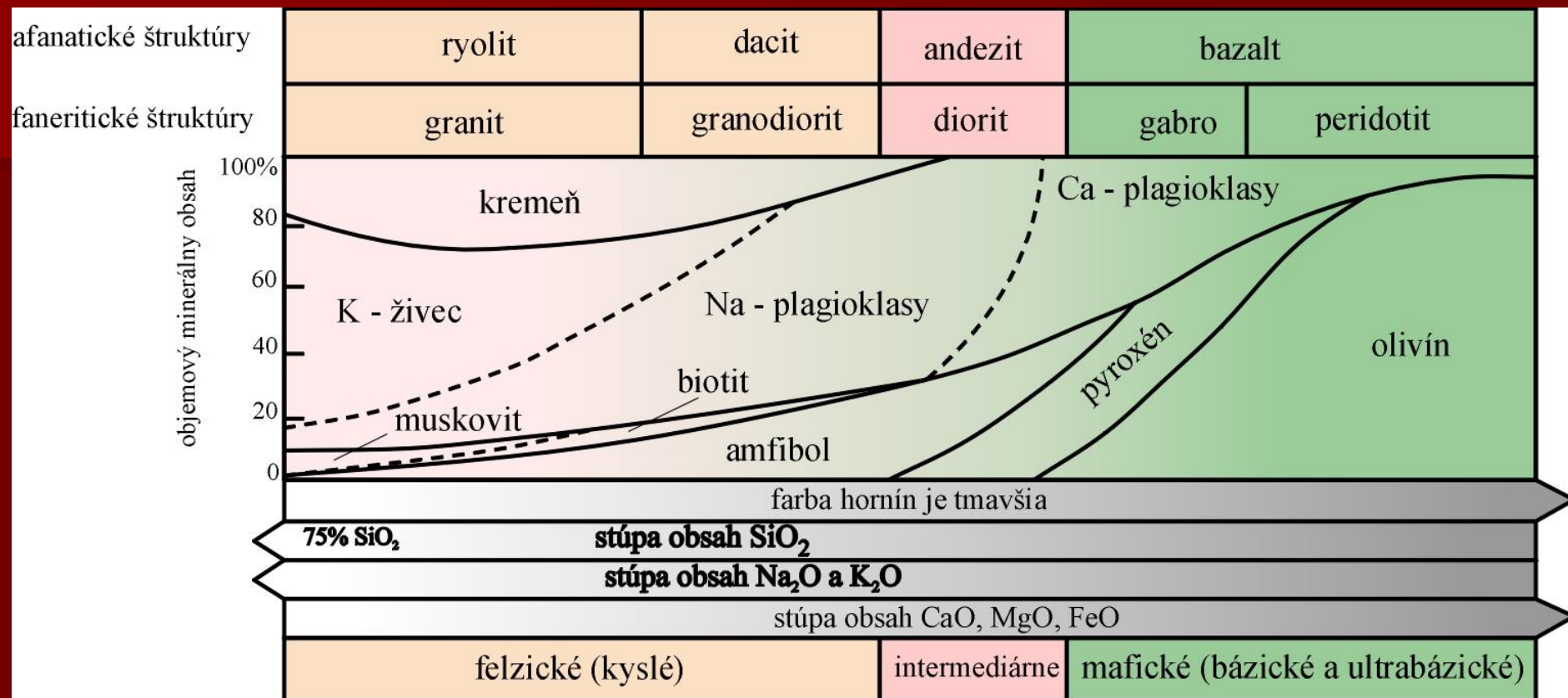


Minerálne zloženie

- Minerály, ktoré tvoria magmatické horniny sa rozdeľujú podľa farby na svetlé (felzické) a tmavé (mafické).
- K **svetlým (felzickým)** minerálom patria: živce (draselné a sodno-vápenaté), kremeň, foidy (zástupcovia živcov).
- K najbežnejším **tmavým (mafickým)** minerálom radíme: slúdy (biotit, muskovit), pyroxény (augit, diopsid), amfiboly (Mg-hornblend, edenit), olivín (fayalit, forsterit), akcesorické minerály (zirkón, titanit, magnetit, apatit, ai.).

	Felsic (granitic)	Intermediate (andesitic)	Mafic (basaltic)	Ultramafic
Intrusive (coarse-grained)	Granite	Diorite	Gabbro	Peridotite
Extrusive (fine-grained)	Rhyolite	Andesite	Basalt	None
Mineral Composition	Quartz Potassium feldspar Sodium feldspar	Hornblende Sodium feldspar Calcium feldspar	Calcium feldspar Pyroxene	Olivine Pyroxene
Minor Mineral Constituents	Muscovite Biotite Hornblende	Biotite Pyroxene	Olivine Hornblende	Calcium feldspar

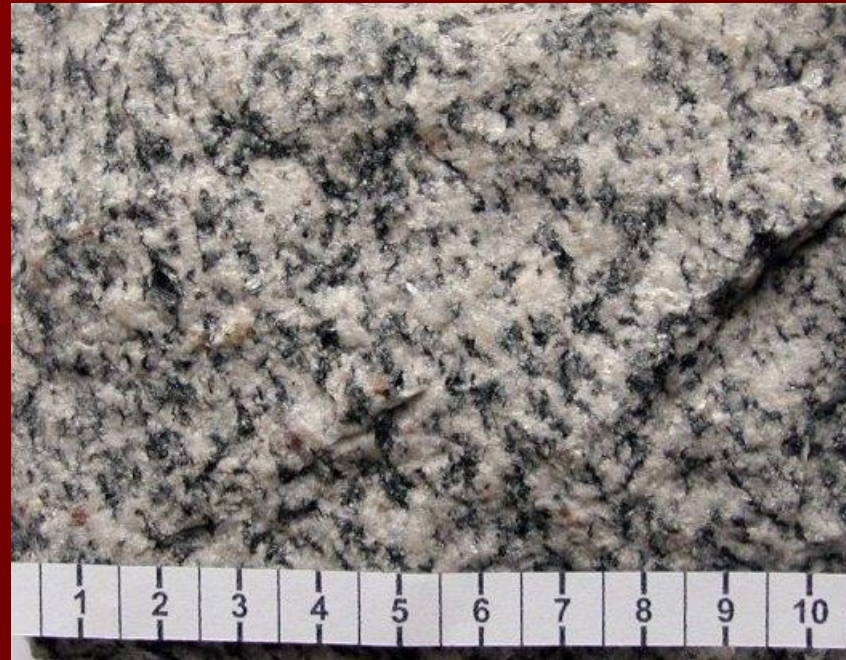
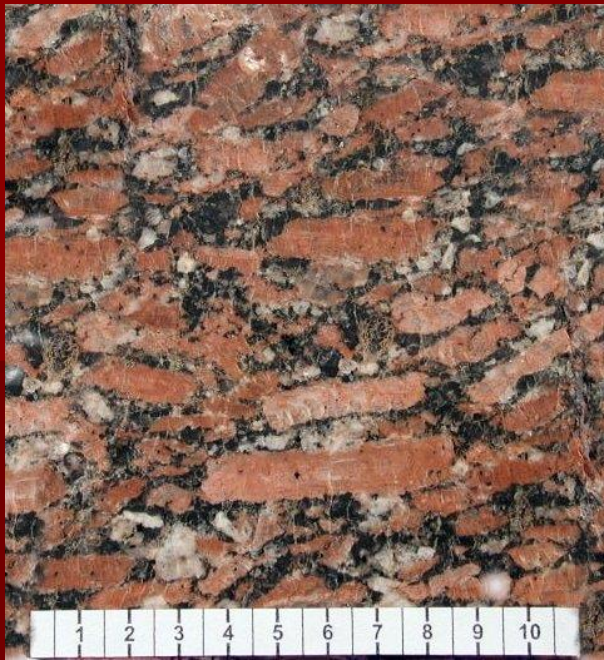
základom klasifikácie je minerálne / chemické zloženie a štruktúra hornín



- kyslé (acidné) obsahujú viac ako 65 % kremeňa – granit, pegmatit
- intermediárne obsahujú 52 – 65 % kremeňa – diorit, andezit
- bázické obsahujú 44 – 52 % kremeňa – gabro, bazalt
- ultrabázické obsahujú menej ako 44 % kremeňa - peridotit

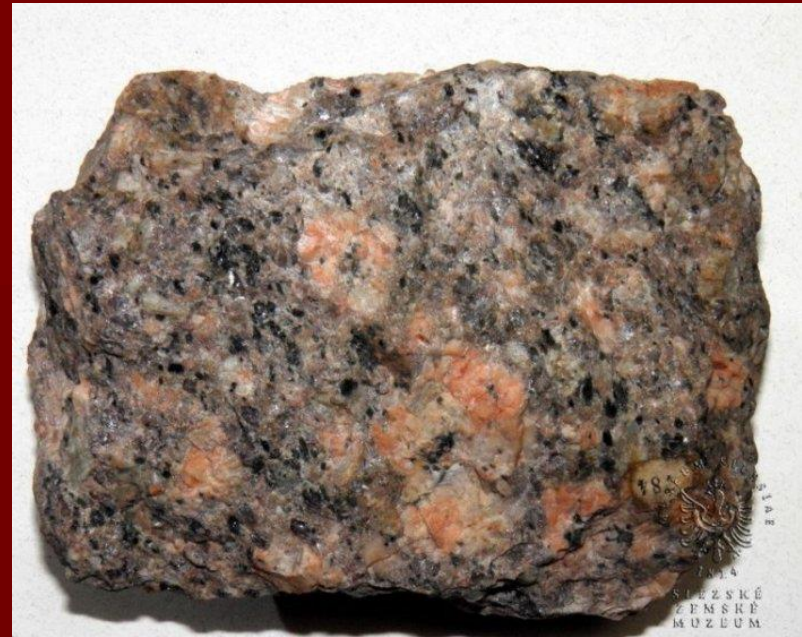
Hlbinné magmatické horniny

- kryštalizovali vo veľkých hĺbkach zemskej kôry, minerály mali dostatok času, aby úplne vykryštalizovali, preto je pre nich charakteristická holokryštalická štruktúra.
- Patria sem **granitoidy** - všetky horniny zloženia granit až kremenný diorit. Obsah kremeňa a celkového množstva svetlých minerálov je väčší ako 10 %. Ide o horniny charakteristické pre kontinentálnu zemskú kôru.
- **Granit** je kyslá magmatická hornina, v ktorej hlavnými minerálmi sú kremeň, živec, biotit a muskovit. Zo živcov prevládajú K-živce (ortoklas, mikroklín) nad kyslými plagioklasmi.
- **Granodiorit** - na rozdiel od granitov, prevládajú kyslé až neutrálne plagioklasmy nad K-živcami, obsah kremeňa je nižší.
- Granitoidy prevládajú v jadrových pohoriach Západných Karpát (napr. Považský Inovec, Trábeč, Malá Fatra, Tatry)



a) Granit "starých štítů". Krivograd. Ukrajina, b) Biotitový granit. Melibocus, c) Porfyrický granit. Locket. Karlovarský pluton, d) Orbikulární granit. Švédsko

- **Syenit** patrí do skupiny hornín bez kremeňa (obsah SiO_2 je do 10 %). Jeho hlavnou súčasťou sú svetlé draselné živce, ktoré prevládajú nad kyslými plagioklasmi, z tmavých minerálov je bežný biotit a alkalické amfiboly a pyroxény.



- **Diorit** patrí k neutrálnym magmatickým horninám. Je zložený zo svetlých plagioklasov (andezín), amfibolu, biotitu, pyroxénu. Farba dioritu je obyčajne sivozelená. Vyskytuje sa v Malých Karpatoch, Nízkych Tatrách, Štiavnických vrchoch v okolí Hodruše.



- **Gabro** - obsahuje bázické plagioklasy (labradorit, anortit), pyroxén, amfibol a olivín. Hornina má čierosivú farbu, často s nádychom do zelena. Často podlieha premenám, ku ktorým dochádza vo finálnom štádiu vývoja horniny. V Západných Karpatoch sa gabro vyskytuje málo, známe je teleso pri Dobšinej.



- **Peridotit** - ultrabázická hornina, chýbajú v ňom svetlé minerály, čím sa odlišuje od gabra. Hlavným minerálom je olivín. Hornina má tmavú farbu. V Západných Karpatoch sa vyskytuje len druhotne zmenený peridotit (serpentinit) – ultrabázické telesá vo Volovských vrchoch.



Žilné magmatické horniny

- vytvárajú telesá menších rozmerov vo vrchných častiach zemskej kôry. Minerálne zloženie žilných ekvivalentov odpovedá ich materským hlbinným horninám.
- Do skupiny granitu patria pegmatity a aplity.
 - V **pegmatitoch** sú často prítomné minerály mimoriadne veľkých rozmerov. Vznikali zo zvyškových roztokov magiem, ktoré cirkulujú po puklinách hornín a spôsobujú v nich početné zmeny (zväčšovanie kryštálov, chemické zmeny a pod). Vyskytujú sa napríklad v Malých Karpatoch, často so vzácnymi minerálmi, akými sú beryl, topás, drahokamové odrody turmalínu.
 - **Aplity** sú jemnozrnné, ich farba je veľmi svetlá.
- Do skupiny ultrabázických hornín patria **kimberlity**. Sú to tmavé horniny, zložené predovšetkým z olivínu, v menšom množstve z pyroxénu, prípadne pyropu (Mg-granátu). Sú nositeľmi diamantov. V Západných Karpatoch sa nevyskytujú.

Pegmatit s turmalínom

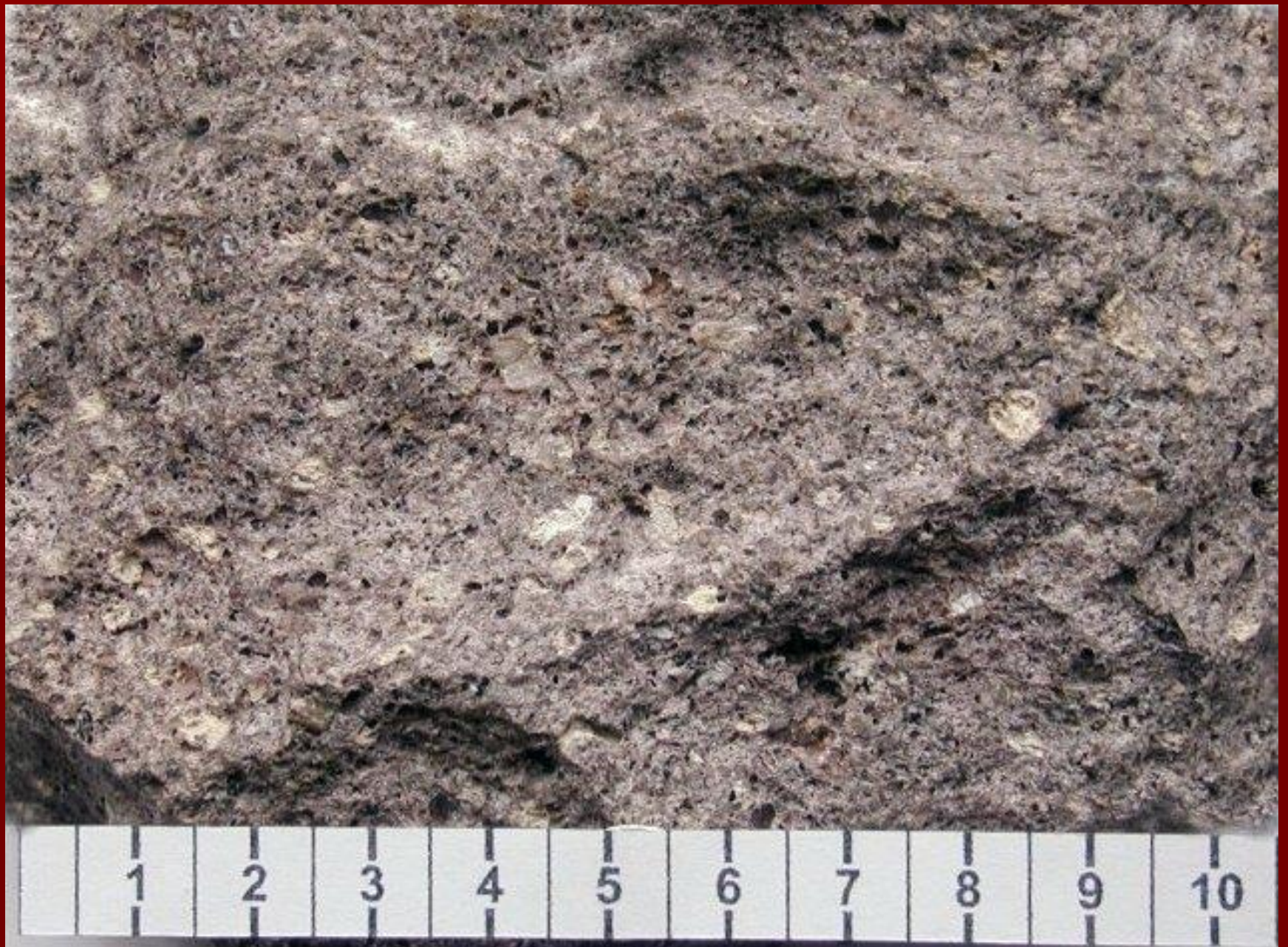


kimberlit



Výlevné magmatické horniny

- prenikli na povrch ako láva, ktorá utuhla. Majú obyčajne jemnozrnnú až celistvú štruktúru s obsahom **vulkanického skla**, keďže k ich uuhnutiu došlo na zemskom povrchu v atmosferických podmienkach a bolo veľmi rýchle.
- **Ryolit** je výlevným ekvivalentom hornín skupiny granitoidov. Podľa veku rozlišujeme paleoryolity (proterozoikum – krieda) a neovulkanické ryolity a dacity (neogén). Má identické minerálne zloženie ako granit. Obsahuje kremeň a biotit, nad kyslými plagioklasmi prevládajú K-živce (sanidín). Má porfyrickú štruktúru s výrastlicami tvorenými podstatnými minerálmi horniny. Charakteristická je ich ružová, červenkastá až fialová farba. V Západných Karpát sa ryolit vyskytuje v Štiavnických vrchoch, Kremnických vrchoch aj v Slanských vrchoch.



Ryolit z Vyhní

- **Vulkanické sklá** (magmatické horniny s obsahom vulkanického skla viac ako 80 %) svojím zložením odpovedajú ryolitom. Podľa obsahu vody sa delia na:
 - vulkanické sklá s malým obsahom vody (do 0,5 %): **obsidián, pemza,**
 - vulkanické sklá s vysokým obsahom vody (do 10 %): **smolok, perlit.**
- Známe sú výskyty v okolí Hliníka n. Hronom, Merníka (smolok), perlit sa dlhodobo ťažil v Lehôtke pod Brehmi a vo Viničkách. K menej bežným formám vulkanického skla patria Péléine vlasy a slzy (známe z Hawajských ostrovov).





**PERLIT
(RYOLIT)
HLINÍK SR**

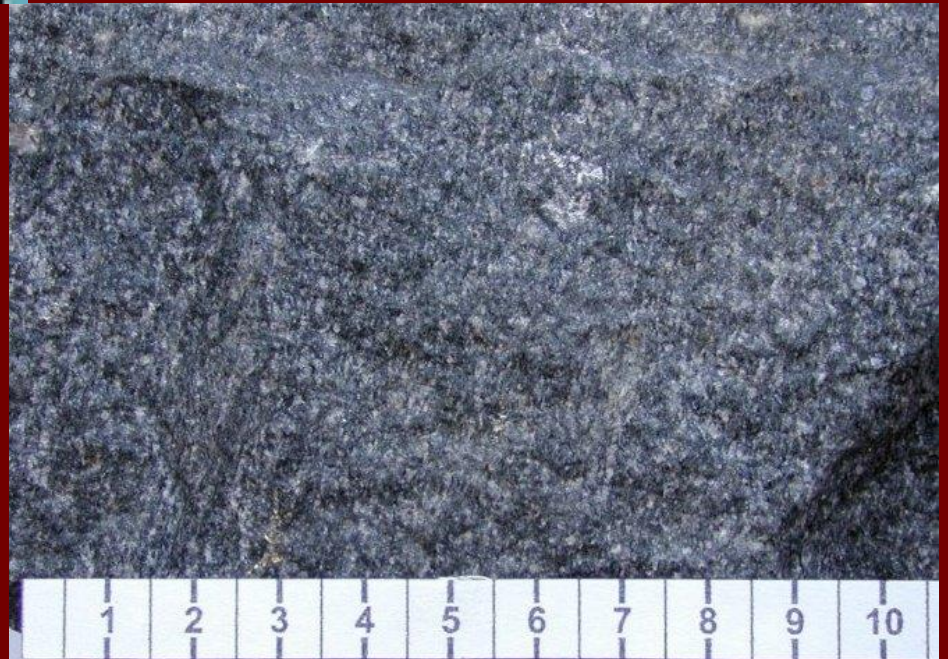


**PEMZA
(RYOLIT)
LIPARSKÉ OSTROVY**

- **Trachyt** patrí k výlevným horninám skupiny syenitu. Jeho zloženie býva premenlivé od alkalických typov až po normálne trachyty. Štruktúru môže mať trachytickú – živce sú lištovito usporiadané, alebo porfyrickú. Hornina je sivá, sivobiela (prípadne žltkastá), na omak drsná. Trachyt sa v Západných Karpatoch vyskytuje pomerne vzácne, južne od Novej Bane (Brehy).
- **Andezit** je výlevný ekvivalent dioritu, je zložený z plagioklasov (andezín, +/-oligoklas), amfibolu, pyroxénu a biotitu. Jeho farebnosť sa pohybuje od svetlosivej po čiernu, môže byť i nazelenalý, v závislosti od množstva a charakteru tmavých minerálov, veľkosti výrastlíc, štruktúry základnej hmoty a pod. Je to najrozšírenejšia vulkanická hornina. V Západných Karpatoch vyskytuje vo všetkých neovulkanických pohoriach (Cerová vrchovina, Štiavnické vrchy, Kremnické vrchy, Slanské vrchy, Vihorlat).



trachyt



andezit

- **Bazalt** je bázická hornina zložená z bázického plagioklasu a pyroxénu. V **olivinickom bazalte** je navyše olivín. Niektoré bazalty majú výraznú stípcovitú odlučnosť (Šomoška). Sú známe z Cerovej vrchoviny, Putikovho vršku pri Novej Bani.
- **Paleobazalt (melafýr, mandľovec)** – hornina rovnakého zloženia ako bazalt, má mandľovcovú textúru, je staršia ako čadič – vznikala v mladších prvohorách (perm).

Bazalt s akumuláciami olivínu



Bazaltová láva

