Financováno Evropskou unií
NextGenerationEU
NÁRODNÍ PLÁN OBNOVY
MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ, MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY

HORNINOTVORNÉ MINERÁLY

– klíč k určení hornin

Kurz pro učitele ZŠ a SŠ

zaměřený na makroskopické rozlišovací znaky běžných horninotvorných minerálů

Rostislav Melichar
melda@sci.muni.cz

Obsah

Určovací znaky horninotvorných minerálů **5**
Minerály podle barev 5
Barvící komponenty 5
Tmavé minerály (mafické) 5
Minerály světlé (felzické) 5
Druhotné přeměny 6
Minerální asociace 6
Krystalografické vlastnosti 6
Přehled rozlišovacích znaků minerálů **7**
Pyrit 7
Pyrit × chalkopyrit 7
Pyrit × markazit 7
Pyrit × zlato 7
Olivín a epidot 8
Granát 8
Granát × limonitizované minerály 8
Granát × staurolit 8
Granát × vesuvian 8
Amfiboly a pyroxeny (Inosilikáty) + turmalín 9
Amfibol × pyroxen 9
Ortopyroxen × klinopyroxen 9
Amfibol × turmalín 9
Slídy a chlorit (fylosilikáty) 10
Biotit × amfibol 10
Biotit × (orto)pyroxen 10
Křemen a živce 11
Křemen × živce 11
Draselný živec × plagioklas 11
Kalcit (karbonáty) 12
Kalcit × křemen 12
Kalcit × živce 12
Skupina Al_2SiO_5 12

Rozlišení základních typů hornin 13
Sedimenty 13
Klastické sedimenty 13
Cementační sedimenty (= chemické a biogenní) 13
Vyvřeliny 14
Zjednodušená klasifikace vyvřelých hornin 14
Metamorfity 16
Stupeň metamorfózy 16
Zjednodušená klasifikace přeměněných hornin 16

Určovací znaky horninotvorných minerálů

Hlavní znaky minerálů pro praktické určování:

- barva (určuje ji obvykle obsah železa)
- přeměny (alterace, zvětrávání)
- minerální asociace
- krystalová soustava (tvar zrn, štěpnost, tvrdost)

Minerály podle barev

Barvící komponenty

Horniny jsou barveny v podstatě jen třemi základními barvivy:

- **dvojmocným železem** = žlutozelená, modrozelená až zelenavě černá
- **trojmocným železem** = červená (obvykle bez vody)/žlutá až hnědá (obvykle hydratované), rezavá, hnědavě černá
- grafitem = šedá až černá (bez odstínu, uhlíkaté organické látky – hnědá)

Tmavé minerály (mafické)

= křemičitany (silikáty) barvené železem. Mezi hlavní minerály vyvřelin patří:

- olivín
- pyroxen (ortopyroxen, klinopyroxen)
- amfibol
- biotit

Dále se lze ve vyvřelinách i metamorfitech často setkat s granátem, chloritem, epidotem a turmalínem, méně staurolitem a vesuviánem.

Minerály světlé (felzické)

= křemičitany bez železa. Mezi hlavní minerály vyvřelin patří:

- křemen
- draselný živec
- plagioklas
- muskovit

Dále se lze ve vyvřelinách i metamorfitech setkat s kalcitem (resp. karbonáty), a méně se skupinou Al_2SiO_5 (sillimanit, kyanit, andaluzit).

Druhotné přeměny

Argilitizace – zvětrávání živců na jílové minerály, lateritizace – vyplavování křemíku:

Draselný živec → illit → kaolinit → gibbsit

$+H_2O$ $-K_2O$ $-SiO_2$

Plagioklas → montmorillonit → kaolinit → gibbsit

$+H_2O$ $-Na_2O$ $-CaO$ $-SiO_2$

Vyplavování železa z tmavých minerálů

Limonitizace („všechno rezne“)

Slabé metamorfní přeměny (= vznik zelených minerálů)

Chloritizace – modrozelená (podléhá biotit, amfibol)

Epidotizace – žlutozelená (podléhá plagioklas)

Minerální asociace

Některé minerály spolu reagují, proto nemohou být společně:

Křemen × olivín (vytvoří pyroxen)

Muskovit × amfibol (obvykle by vytvořily biotit)

Krystalografické vlastnosti

Tvar zrn – naznačuje krystalografickou soustavu, např. krychlová soustava = izometrická zrna (např. „kulaté“ krystaly, viz granát, pyrit)

Štěpnost – důležitý je počet systémů štěpnosti (kalcit × živec) a případně jejich vzájemný úhel (amfibol × pyroxen).

Tvrdost – prakticky lze použít jen tehdy, pokud je rozdíl v tvrdostech velký (křemen × kalcit)

Přehled rozlišovacích znaků minerálů

Pyrit

Na první pohled žlutý minerál s kovovým leskem. Mezi podobné minerály by mohly patřit chalkopyrit, markazit a zlato.

Pyrit × chalkopyrit

Znak	Pyrit	Chalkopyrit
Barva	světle žlutá, obvykle bez náběhových barev nebo jen nevýraznými	sytě žlutá, často s náběhovými barvami (tenký lesklý povrch modré, zelené, fialové, které do sebe přecházejí)
Tvary	časté krystaly izometrických tvarů (krychle, „kuličky“, čtvercové a pětiúhelníkové strany)	téměř nikdy se nenajdou krystaly, vzácně tetraedry (trojúhelníkové strany)
Zvětrávání	obsahuje jen železo = „rezne“	obsahuje také měď = v blízkosti může být tmavě modrý azurit nebo zelený malachit, obvykle jsou matné, práškovité

Pyrit × markazit

Znak	Pyrit	Markazit
Barva	světle žlutá, obvykle bez náběhových barev = stejná	
Tvary	časté krystaly izometrických tvarů (krychle, „kuličky“, čtvercové a pětiúhelníkové strany), vrcholy a hrany tupé, nejostřejší dosahují jen pravého úhlu, rýhování ploch je na sebe kolmé	časté krystaly destičkovitého, placičkovitého tvaru, často se špičkou („kopí“), rýhování ploch na sebe navazuje
Výskyt	všude možně	nejčastěji v uhlí („kočičí zlato“), v žilách

Pyrit × zlato

Znak	Pyrit	Zlato
Velikost	často velká zrna nebo větší agregáty	reálně maličkatá zrnka (do 1 mm, max. 2 mm)
Výskyt	všude možně, netvoří zrna podobná zlatinkám v písku (rychle zvětrá)	obvykle s křemenem (vyvřeliny, žíly), zlatinky v sedimentech, nikdy v uhlí
Barva	světle žlutá, obvykle bez náběhových barev	sytě žlutá, nikdy nemá náběhové barvy
Zvětrávání	„rezne“, při rozbíjení „smrdí sírou“	nezvětrává
Zkouška kyselinou	reaguje, uvolňuje sirovodík	nereaguje
Tvrdost	tvrdý, tvrdost 6–6,5, křehký	měkké, tvrdost 2,5(–3), kujné
Vryp	(zelenavě) černý	žlutý, kovový

Olivín a epidot

Standardně žlutozelený až khaki minerál, někdy i tmavší

Znak	Olivín	Epidot
Průhlednost	pokud je čerstvý a dostatečně velký, je obvykle sklovitě průhledný	obvykle neprůhledný, jen průsvitný
Zvětrávání	velmi snadno zvětrává na limonit (žlutohnědý prášek)	zvětráváním nebývá obvykle silně postižen
Asociace	nikdy není spolu s křemenem! (ani s draselným živcem)	křemen bývá v blízkosti, ale nemusí
Tvary	izometrická, skoro kulatá zrna	často jemné agregáty, povlaky, krystaly destičkovité
Přeměny	často je serpentinizovaný či chloritizovaný, tj. přeměněný na jemný agregát těchto minerálů, takže vypadá zemitě jako slepený prach černé barvy se žlutozeleným až hnědozeleným nádechem	obvykle bez přeměn, v blízkosti jsou často další Ca-minerály, jako CPX diopsid, chlorit (má modrozelený nádech), bílý plagioklas, dále minerály hnědé barvy, např. granát či vesuvian.

Granát

Hnědý, hnědočervený až tmavě červený minerál (ale někdy i zelený aj.). V horninách se dá zaměnit za limonitem zbarvené minerály (jen malá zrnka), staurolit či vesuvián.

Granát × limonitizované minerály

Znak	Granát	Limonitizované minerály
Lesk	na lomu lesklý	obvykle matný
Tvrdost	tvrdý, tvrdost 6,5 až 8	obvykle měkké, snadno rýpatelné, žlutý vryp

Granát × staurolit

Znak	Granát	Staurolit
Barva	červenavé odstíny, světlý, hnědý až temně hnědý	hnědý, temně hnědý
Tvary	izometrická zrna, krystaly mají velmi tupé hrany, krystalové plochy často kosočtvercového tvaru	sloupečky, v příčném řezu kosočtverový průřez – tupé i ostré hrany, sloupce někdy srostlé do kříže
Asociace	porůznu	obvykle s muskovitem

Granát × vesuvian

Znak	Granát	Vesuvián
Barva	červenavé odstíny, světlý, hnědý až temně hnědý	hnědý, často nádech do khaki (nazelenale hnědý)
Tvary	izometrická zrna, krystaly mají velmi tupé hrany, krystalové plochy často kosočtvercového tvaru	sloupečky podélně rýhované, v příčném řezu zhruba okrouhlé, často stébelnaté či radiálně paprsčité agregáty
Asociace	porůznu	minerály bohaté vápníkem, „nekamarádí“ se s muskovitem

Amfiboly a pyroxeny (Inosilikáty) + turmalín

Amfiboly a pyroxeny jsou silikáty s řetězovou stavbou SiO_4 tetraedrů. Je mnoho různých druhů. U obou skupin je souměrnost kosočtverečná (orto-) nebo jednoklonná (klino-). Augit patří mezi klinopyroxeny. Pyroxeny a amfiboly často nelze odlišit, ale to moc nevadí, protože klasifikace hornin na tom většinou založena není.

Amfibol × pyroxen

Znak	Amfibol	Pyroxen
Obsah vody	přítomna skupina OH (vodnaté)	bezvodé, bez skupiny OH
Barva	bílá, modravě zelená (aktinolit), modravě zelenočerná, černá se zeleným (vzácně hnědým) nádechem	světle hnědá až černohnědá a černá s hnědavým nádechem (ortopyroxen), trávově zelená až černá (klinopyroxen)
Tvar	jehličky, dlouhé sloupečky, výrazně delší než široké, vzácně destičky či tabulky, sloupečky ukončeny víceplochou stříškou	krátké „tlusté“ sloupečky, jen mírně delší nebo stejně dlouhé jako široké, někdy destičky a tabulky, sloupečky ukončeny stříškou ze dvou ploch
Řětězce SiO_4 tetraedrů a štěpnost	řetězce dvojité, v řezu napříč sloupečkem jsou dvě štěpnosti svírající úhel 60 a 120 stupňů	řetězce jednoduché, v řezu napříč sloupečkem jsou dvě štěpnosti svírající úhel 90 stupňů

Ortopyroxen × klinopyroxen

Znak	Ortopyroxen (OPX)	Klinopyroxen (CPX)
Souměrnost	kosočtverečná	jednoklonná
Barva	obvykle světle hnědé až černé odstíny	obvykle trávově zelené, modrozelené až černé odstíny

Amfibol × turmalín

Amfibolům může být podobný turmalín. Černý skoryl tvoří podobné dlouze sloupečkovité krystaly (světle zbarvené variety, jako jsou např. rubelit, indigolit či verdelit, se obvykle nespletou)

Znak	Amfibol	Turmalín
Odlučnost	nepraská v příčném směru	často příčně potrhané sloupečky (nepravidelná příčná odlučnost)
Asociace	nekamarádí se s muskovitem	často s muskovitem, křemenem a živci, v magmatických horninách jsou kolem něj zóny bez biotitu
Štěpnost	plochy štěpnosti rovnoběžné s protažením sloupečku	není štěpnost
Tvary	podélné stěny sloupečků obvykle rovinné, hladké, bez podélných rýh	stěny sloupečků často podélně rýhované

Slídy a chlorit (fylosilikáty)

Fylosilikáty se dobře poznávají, mají šupinkovité tvary, štěpnost ve stejném směru a perleťový lesk. Okem lze běžně rozlišit tři běžné druhy fylosilikátů

- **chlorit** – je zelený, obvykle tmavě modrozelený, běžně je v metamorfitech (zelená břidlice), často je produktem druhotných přeměn jiných tmavých minerálů
- **biotit** – tmavá slída, má černohnědou barvu, v jemných horninách je červenohnědý odstín lépe vidět než na velkých zrnech. Důležité je rozlišit biotit od ostatních tmavých minerálů Zrádné jsou druhotné přeměny biotitu:
    - *chloritizace* – pokud se biotit druhotně mění na chlorit, pak postupně černá až do zelenavě černé barvy
    - *baueritizace* – při zvětrávání se z biotitu vyplavuje železo (hornina „rezne“ od limonitu) a biotit zesvětlá, takže dostane velmi světlou, „zlatavě“ žlutou barvu.

  Velmi světle hnědou barvu může mít biotit v některých mramorech (= **flogopit** s malým množstvím železa).
- **muskovit** – světlá slída, má stříbřitý lesk, výjimečně u velkých krystalků je možné vidět lehce zelenavý, žlutozelený nádech, téměř nikdy do zlatova. Skutečnou barvu lze rozlišit po natočení zrna tak, aby se nelesklo. Velmi jemný muskovit, kdy nelze okem rozlišit jednotlivé šupinky, se označuje jako **sericit** (perleťový lesk fylitu).

Biotit × amfibol

Znak	**Biotit**	**Amfibol**
Tvary	*šupinky*, pozor v příčném řezu se jeví, jakoby to byly sloupečky – nutno zkontrolovat více řezů, v příčném řezu nikdy není plocha lomu lesklá	*sloupečky*, obvykle několikrát delší než široké, často štíplé podélně podle plochy štěpnosti
Barva	černá, obvykle s *červenavě hnědým odstínem* (pozor na chloritizaci biotitu!)	černá, obvykle s modravě *zeleným odstínem*
Štěpnost	*perleťový lesk* štěpných ploch, štěpné plochy se často *mírně vlní*, pouze jeden systém štěpnosti	plochy štěpnosti *méně lesklé*, obvykle *rovinné*, nezprohýbané, někdy je na větších zrnech vidět druhá štěpnost

Biotit × (orto)pyroxen

Znak	**Biotit**	**(Orto)pyroxen**
Tvary	*šupinky*	*sloupečky*, velmi krátké, téměř tak dlouhé jak široké
Barva	světle hnědá (bauerit, flogopit) až černohnědá	světle hnědá (enstatit, bronzit) až černohnědá (hypersten)
Štěpnost	*perleťový lesk* štěpných ploch, štěpné plochy se často *mírně vlní*, pouze jeden systém štěpnosti	plochy štěpnosti poněkud *méně lesklé*, obvykle doti *rovinné,* na větších zrnech vidět druhá štěpnost
Výskyt	obvykle v horninách se živci a často i s křemenem	světlý v serpentinitech (bez živců), černohnědý v bazických vyvřelinách (čediče, gabra)

Křemen a živce

Křemen a živce patří mezi světlé minerály. Jejich určování je zásadní, neboť klasifikace hornin je obvykle založena na světlých minerálech. Ještě se k nim řadí foidy (tzv. „zástupci živců“), jejich výskyt u nás je však značně omezený (některé vulkanické horniny Doupovských hor a Českého středohoří).

Křemen × živce

Znaky	**Křemen**	**Živce**
Průhlednost a barva	obvykle sklovitě průhledný, vypadá jako díra do horniny, zpravidla šedavý, lehce zahnědlý, ojediněle lehce namodralý	navětralé obvykle neprůhledné, mléčně zakalené, pouze ve velmi čerstvém stavu (z šachet či hlubokých lomů) jsou šedavé a téměř průhledné
Štěpnost	lomný, lomné plochy lesklé a křivé (lasturnatý lom) – lze vidět jen na větších zrnech	dva systémy ploch štěpnosti zhruba na sebe kolmé, plochy štěpnosti jsou rovinné
Tvary	sloupečkovité šestiboké krystaly, v horninách nepravidelná zrna (izometrická, diskovitá)	tabulkovité krystaly – v řezu obdélníky, často je vidět zonalita přirůstání
Tvrdost	tvrdší, tvrdost 7	měkčí, tvrdost 6

Draselný živec × plagioklas

Znaky	**Draselný živec**	**Plagioklas**
Epidotizace (epidot obsahuje podstatné množství vápníku)	nemá vápník, nedochází k epidotizaci	náchylný k epidotizaci za vzniku *nazelenalého* odstínu až žlutozelené barvy
Hematitizace a růžové zbarvení	snadná hematitizace, pokud jsou živce obojí barvy, tj. bílé i růžové, pak je to ten růžový	hematitizace obvykle slabší, pokud jsou živce bílé i růžové, pak je to ten bílý
Zvětrávání (argilitizace) a zakalení	zvětrává pomaleji, méně zakalený vytvořenými jílovými minerály („sklovitější“)	rychleji zvětrává, více zakalený vytvořenými jílovými minerály („křídovitější“)
Odmíšeniny	obsahuje jemné, téměř rovnoběžné lamelky albitu („perthit“) – viditelné jen u větších zrn	obvykle bez lamelek
Dvojčatění	častá karlovarská dvojčata půl na půl (pozná se podle lesku štěpnosti)	dvojčata nejsou obvykle makroskopicky viditelná
Zvětrávání a transport do sedimentů	Matná žlutavá zrnka ve světlých sedimentech z kontinentů spolu s muskovitem a úlomky žul a rul	Práškovitá zrnka v tmavých sedimentech z aktivních okrajů kontinentů a ostrovních oblouků spolu s úlomky vulkanitů a sedimentů

Kalcit (karbonáty)

Karbonáty tvoří celou řadu izomorfních minerálů Ca–Mg–Fe–Mn se společnými znaky: šumí v kyselinách, nejsnáze kalcit/aragonit, mají malou tvrdost (3), štěpnost ve třech směrech (kose k sobě). Obsahy kovů a tedy minerály lze jen odhadovat:

Fe – zbarvuje minerál do žluta až světle hnědé barvy, zvětráváním „rezne“ na limonit
Mn – zbarvuje minerál do růžova, někdy kolem černohnědý oxid manganu
Ca, Mg – jsou bezbarvé, vyšší obsah Mg vede k vyšší „krystalizační síle“, což se projevuje na tvaru zrnek v hornině:
Ca – kalcit/aragonit vytváří laločnatá zrna „zaklesnutá“ do sebe, hornina se pak podle zrn nerozpadá (jeví se jakoby slitá – vápenec). Jeskynní výplně (sintr, krápníky) tvoří pouze Ca-karbonát (i v jeskyních vytvořených v dolomitu).
Mg – zrna dolomitu a ještě více magnezitu mají rovné stěny, snadno se od sebe odlučují a horniny se rozpadají podobně jako pískovce za vzniku skalních měst se sloupci horniny (srovnej Dolomity).

Kalcit × křemen

Znaky	Kalcit	Křemen
Tvrdost	měkký, tvrdost 3, často otřelé rohy a hrany, zmatňuje otěrem	tvrdý, tvrdost 7, rohy a hrany vytrvávají ostré, zůstává lesklý
Rozpustnost	na dešti se pomalu rozpouští, s časem postupně koroduje, zmatňuje, povrch bělá	na dešti se nemění, proto nekoroduje, zůstává lesklý, povrch se nemění
Štěpnost	štěpný podle tří systémů navzájem kosých ploch (klenec), štěpné plochy rovinné, někdy mírně prohnuté	lomný, lomné plochy lesklé, lasturnatý povrch

Kalcit × živce

Znaky	Kalcit	Živce
Tvrdost	měkký, tvrdost 3, často otřelé rohy a hrany, zmatňuje otěrem	tvrdý, tvrdost 6, rohy a hrany vytrvávají ostré, plochy štěpnosti zůstávají lesklé
Rozpustnost	na dešti se pomalu rozpouští, koroduje, zmatňuje, povrch bělá	na dešti se nemění, povrch zůstává lesklý, po dlouhé době se bíle zakaluje
Barva	Obvykle bílá, někdy šedá (organická látka). Oranžově růžová barva vzácná (v horninách)	Draselné živce bývají hematitizované, takže často mají oranžově růžovou barvu.
Štěpnost	štěpný podle tří systémů navzájem kosých ploch (klenec), štěpné plochy rovinné, někdy mírně prohnuté	štěpný podle dvou vzájemně zhruba kolmých systémů, štěpné plochy obvykle rovné

Skupina Al_2SiO_5

Obvykle světlé vláknité až sloupečkovité minerály, skoro vždy jen v metamorfitech.

Sillimanit – bílý jemně vláknitý (plísňové vlášení), v pararulách
Kyanit – bezbarvý, skro průhledný, lehce namodralý, ve svorech (ploché sloupce), granulitech (malička zrna, mm)
Andaluzit – růžový, varieta chiastolit skřížem uzavřenin v příčném řezu.

Rozlišení základních typů hornin

Vyvřeliny - víceméně všesměrné nebo jen málo usměrněné, hrubozrnné, celistvé, sklo jen zde

Sedimenty - vrstevnaté, zaoblené úlomky, zkameněliny jen zde, břidličnaté jen v případě velmi jemné zrnitosti (jíl, prach)

Metamorfity - většinou břidličnaté („foliované“) nebo silně usměrněné a zároveň viditelně zrnité

Sedimenty

Klastické sedimenty

Mineralogické složení je důležité prakticky jen u psamitů („pískovců“), kdy se rozlišují tři druhy:

1. jen stabilní minerály (křemen) → **křemenný pískovec**, křemenec (= křemenný pískovec, který má křemenný tmel)
2. přítomny nestabilní složky (úlomky živců):
    a. v nestabilní složce převažuje draselný živec doprovázený muskovitem, úlomky žul, rul, svorů, příp. dalších metamorfitů nebo kyselých vulkanitů (ryolitů) → **arkóza** (barva obvykle žlutavá, růžová, někdy bělavá)
    b. v nestabilní složce převažuje plagioklas (obvykle „nepřežije“ a vypadá jako zrnka/maličké hrudky jílu), doprovázený „zelenými minerály“ (chlorit, epidot), úlomky sedimentů (břidlic) a bazických vulkanitů → **droba** (barva obvykle šedá, zvětráváním má zelenavě hnědou (khaki), později žluto-/rezavohnědou barvu)

Cementační sedimenty (= chemické a biogenní)

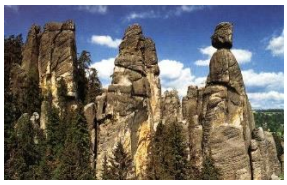
Klasifikace založena na chemickém složení:

1. Karbonáty (kalcit, aragonit, dolomit, ...)

Vápencové skály (→jeskyně)

Vápencový kras (věže bez osypů)

Dolomity (→osypy, jako pískovce))


Pískovcové město

1. Silicity (opál, chalcedon, křemen)
2. Evapority (halit, sádrovec, anhyrit, ...)
3. Ferolity (hematit, limonit, Fe-chlority...)
4. Ality (bauxit)
5. Dalšími skupinami jsou fosfority, organolity (uhlí)

Ropa ani zemní plyn, stejně jako podzemní voda **nejsou horniny**! Tyto tekutiny vyplňují pouze póry v horninách (např. v pískovcích).

Vyvřeliny

Klasifikační kritéria: složení (= původ magmatu) a zrnitost (= rychlost chladnutí)

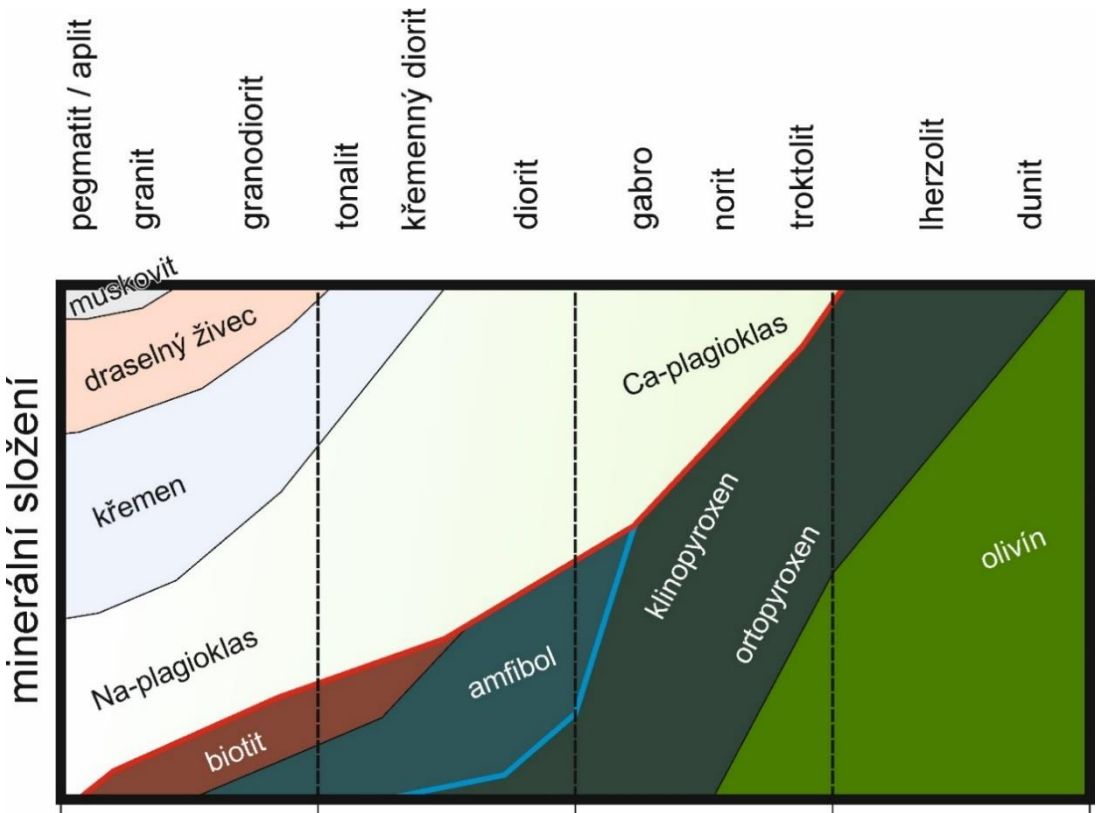
Podle zrnitosti/rychlosti chladnutí rozlišujeme 3 druhy vyvřelin:

1. zrna dobře viditelná okem → hlubinné (plutonické), lze užít mineralogickou klasifikaci
2. zrna nejsou viditelná (s výjimkou možných vyrostlic a xenolitů) → výlevné (vulkanické):
    a. jemnozrnné lávy, (masivní s nerovně zrnitým lomem) – lze užít mineralogickou klasifikaci, případně chemickou klasifikaci
    b. horniny sklovité, škvára, popel a jiné produkty povrchového vulkanismu – obvykle se užije klasifikace „vzhledová“, strukturní, nikoliv podle složení

Zjednodušená klasifikace vyvřelých hornin

Název většiny nacházených hornin lze odhadnout podle následující tabulky. Všimneme si dobře viditelných znaků:

1. obsah tmavých minerálů, který zároveň určuje tmavost horniny:
    a. peridotit neobsahuje světlé minerály (bez živců a bez křemene)
    b. gabra obsahují obvykle bezvodé tmavé minerály (OL, CPX, OPX)
    c. diorit je typický dominantní přítomností amfibolu
2. obsah křemene
3. obsah draselných minerálů (biotit, draselný živec a muskovit)



kyselé (světlé)	přechodné	zásadité (tmavé)	výhradně tmavé
žula ryolit	diorit andezit	gabro čedič	peridotit (pikrit)
tavení pevninské kůry	smíchání tavenin	tavení zemského pláště	materiál zemského pláště

Metamorfity

Stupeň metamorfózy

Stupeň metamorfózy lze odhadovat podle těchto kritérií:

- s rostoucím stupněm metamorfózy většinou hrubne zrnitost
- s rostoucím stupněm metamorfózy klesá obsah vodnatých minerálů:
  - muskovit (vodnatý) → draselný živec (bezvodý)
  - chlorit (vodnatý) → amfibol (méně vody) → pyroxen (bezvodý)
  - biotit (vodnatý) → granát (bezvodý)
- metamorfní zonace:
  - K-Al-silikáty: jíl (illit) → sericit → muskovit → draselný živec
    - Klasifikace hornin: jílovec → fylit → svor → rula
  - Izogrády Fe-minerálů: chlorit (1) → biotit (2) → granát (3) → staurolit (4) → kyanit (5) → sillimanit (6)
    - Možné horniny: 1-2 fylit → 3-4 (5) svor → (3, 5) 6 rula
  - Metamorfní facie: klasifikace podle metamorfózy bazických hornin

Klasifikace	**Metamorfóza**							
	Slabá		**Střední**		**Silná**		**Velmi silná**	
K-Al-silikát ↓	Sericit (ultrajemný muskovit)		muskovit (lupenitý)		draselný živec			
Metapelity	fylit		svor		pararula		granulit, migmatit	
Indexové minerály ↑	chlorit	biotit	granát	staurolit	kyanit	sillimanit		
Asociace bazických hornin ↓	chlorit, aktinolit albit		epidot, amfibol, plagioklas		amfibol, plagioklas		pyroxen,	
Metamorfní facie	zelených břidlic		epidotických amfibolitů		amfibolitová		granulitová, eklogitová	

Zjednodušená klasifikace přeměněných hornin

Původní hornina	**Stupeň metamorfózy**			
	slabá	**střední**	**silná**	**velmi silná**
peridotit	hadec (serpentinit)			(peridotit)
gabro, čedič	zelená břidlice (chlorit ± zelený amfibol)	amfibolit (černý amfibol + plagioklas ±epidot)		eklogit (pyroxen + granát)
žula, ryolit	fylonit	muskovitická (orto)rula	(orto)rula	granulit (bezvodý)
pelity, jíl, jílovec (illit)	fylit (sericit)	svor (muskovit)	(para)rula (draselný živec)	migmatit (natavený) granulit (bezvodý)
křemenné pískovce, silicity	kvarcit (křemen)			
vápenec	mramor („krystalický vápenec“)			
slínovec	erlan (vápenato-silikátový rohovec)			