

# Petrografické charakteristiky vybraných magmatických hornin

Následující popis hornin je zaměřen na všechny znaky hornin, které jsou použitelné pro makroskopické určování hornin a určování na základě studia výbrusového preparátu v polarizačním mikroskopu. Klasifikace a pojmenování vychází z platného QAPF diagramu, chemické znaky a klasifikace jsou opomenuty. Rovněž zde není řešena geneze hornin.

## **Klasifikace magmatických hornin**

Plutonické (hlubinné) magmatické horniny se klasifikují na základě minerálního složení, které lze přesně stanovit modální analýzou, nebo lze provést hrubý odhad. Široce používanou je klasifikace IUGS, kde jsou minerály rozděleny do následujících skupin:

Q – křemen a všechny modifikace  $\text{SiO}_2$

A – alkalické živce (všechny K-živce a albit s bazicitou do  $\text{An}_{05}$ )

P – plagioklasy s bazicitou  $\text{An}_{5-100}$

F – foidy (zejména leucit, nefelín, skupina sodalitu, analcim, kankrinit)

M – ostatní minerály, především důležité tmavé minerály typu slíd, olivínu, pyroxenů, amfibolů, karbonátů a všechny další vedlejší a akcesorické minerály

Podle obsahu mafických minerálů (M) se stanovuje tzv. index tmavosti (colour index, označovaný  $M'$ ), který rozděluje horniny do následujících skupin:

- $M' = 0 - 35$  (horniny leukokratní)
- $M' = 35 - 65$  (horniny mezokratní)
- $M' = 65 - 90$  (horniny melanokratní)
- $M' = 90 - 100$  (horniny ultramafické)

Horniny ultramafické s číslem tmavosti s  $M' > 90$  se klasifikují podle trojúhelníkového diagramu olivín – ortopyroxen – klinopyroxen.

Horniny ostatní s číslem tmavosti menším než 90 jsou uspořádány do diagramu QAPF. Diagram je složen ze dvou rovnostranných trojúhelníků QAP a FAP, které k sobě přiléhají společnou hranou AP. Přítomnost jednotlivých komponent Q, A, P, F (Q a F se nikdy nevyskytují společně) musíme rozpočítat na 100 % a vyneseme do diagramu, který je rozdělen do několika polí podle obsahu jednotlivých složek. Jednotlivá pole dávají hornině výchozí název, který pak může být zpřesněn podle přítomností tmavých minerálů.

Vulkanické (výlevné) horniny lze rovněž klasifikovat na základě minerálního složení podle výše uvedeného diagramu QAPF, kde jednotlivá pole mají pouze jiné názvy. Problém této klasifikace často spočívá v tom, že vulkanické horniny bývají velmi jemnozrnné, což komplikuje modální analýzu a navíc je zcela běžná přítomnost sklovité fáze.

Z těchto důvodů se pro vulkanické horniny používají klasifikace založené na chemickém složení. Na základě chemické analýzy může být vypočteno normativní CIPW složení (viz speciální literatura). Podle získaného normativního složení lze posuzovat charakter horniny, např. míru saturace  $\text{SiO}_2$  nebo alkálií.

Nejpoužívanější klasifikací je tzv. TAS diagram, ve kterém na vertikální ose vynášíme obsah alkálií ( $\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O}$ ) a na horizontální ose je obsah  $\text{SiO}_2$ . Horizontální osa dělí horniny na ultrabazické (pod 45 %  $\text{SiO}_2$ ), bazické (obsahy 45 – 52 %), intermediální (obsah 52 – 63 %) a acidní (obsah nad 63 %  $\text{SiO}_2$ ). Hodnoty pro vynášení do diagramu získáme z celkové analýzy horniny přepočtené na tzv. bezvodou a netěkavou bázi.

### ***Alkalickoživcový granit***

Horniny jsou v QAPF diagramu definovány polem se složením 20 – 60 % křemene a více jak 90 % alkalických živců (hlavně ortoklas a mikroklin). Číslo tmavosti nepřesahuje 20 %. Zastoupeny mohou být dále muskovit, biotit, alkalický amfibol, alkalický pyroxen, granát, andalusit nebo cordierit. Z akcesorií jsou běžné zirkon, monazit, apatit, turmalín nebo allanit. Barva horniny je světle šedá nebo světle narůžovělá. Horniny s  $M'$  nad 20 % se označují jako melanokratický alkalickoživcový granit.

Struktura je obvykle masivní nebo miarolitická. Bývají jemně až hrubě zrnité. Mikrostruktura může být stejnoměrně zrnitá nebo porfyrická (vyrostlice K-živce), běžná je granitická, panautomorfně nebo panhypautomorfně zrnitá.

Extrémně světlé variety složené pouze z křemene a alkalických živců se označují jako *alaskit*.

### ***Granity***

Horniny označované jako granity zaujímají v QAPF diagramu pole č. 3. Horniny mají 20 – 60 % křemene a podle obsahu živců se někdy ještě dále rozlišuje: syenogranit s obsahem 10 – 35 % plagioklasů a monzogranit s obsahem 35 – 65 % plagioklasů. Alkalické živce jsou zastoupeny především ortoklasem, mikroklinem a kyselým albitem, plagioklasy mají složení albit nebo oligoklas. Číslo tmavosti obvykle nepřesahuje 20. Prakticky pravidelnou součástí je

biotit, z dalších minerálů to mohou být muskovit, amfibol, turmalín, andalusit, granát nebo cordierit. Z akcesorií jsou běžné zirkon, apatit, ilmenit nebo allanit. Barva horniny je většinou světlá, většinou v šedých nebo růžovo-šedých odstínech.

Struktura granitů je obvykle masivní, může být i smouhovitá, skvrnitá nebo orbikulární. Velikost zrna je střední až velkozrná. Mikrostruktury jsou jednak stejnoměrně zrnité, jednak porfyrické s vyrostlicemi K-živců. Běžným typem mikrostruktury (celé horniny nebo jen základní hmoty) je granitická, granofyrická (mikrografická) nebo hypautomorfně zrnitá.

Ve skupině granitů najdeme obrovskou variabilitu hornin jak z hlediska staveb, tak z hlediska složení. Běžně se tyto odlišnosti projeví v názvu, např. porfyrický granit, muskovitový granit, dvojslídny granit, granit s andalusitem apod. Jako *charnockit* se označuje ortopyroxenový granit, pojmem *rapakivi* se označují porfyrické prekambričké granity červené barvy.

## **Granodiority**

V granodioritu tvoří křemen 20 – 60 %, alkalické živce tvoří 10 – 35 % objemu světlých minerálů, z živců převažují plagioklas. Složení plagioklasů je oligoklas až andezin. Číslo tmavosti se obvykle pohybuje v rozmezí hodnoty 5 – 30. Z tmavých minerálů jsou zcela běžné biotit a amfibol, ve speciálních případech se objevuje muskovit nebo pyroxen. Běžnými akcesoriemi je apatit, titanit, zirkon, allanit nebo magnetit. Podle tmavých minerálů se obvykle vyčleňují variety, např. granodiority biotitové, amfibol-biotitové, biotit-amfibolové, amfibolové apod. Rozlišení od granitů je někdy problematické, je potřeba stanovit zastoupení živců. Barva horniny je často šedá nebo šedomodrá. Hojně bývají v granodioritech tzv. mafické mikrogranulární enklávy.

Struktura je masivní, smouhovitá nebo skvrnitá, středně až hrubě zrnitá. Mikrostruktury mohou být stejnoměrně zrnité nebo porfyrické (vyrostlice obvykle tvoří K-živec), základní hmota je hypautomorfně zrnitá.

Spolu s granity tvoří nejpodstatněji zastoupené plutonické horniny v kontinentální zemské kůře.

## **Tonality**

Křemen je zastoupen 20 – 60 %, z živců tvoří více jak 90 % plagioklas (oligoklas – andezin), alkalické živce jsou zastoupeny do 10 % nebo častěji vůbec. Číslo tmavosti kolísá běžně v intervalu 10 – 40, horniny s číslem tmavosti do 10 se označují jako *trondhjemit*.

Z tmavých minerálů jsou běžně zastoupeny biotit, amfibol nebo pyroxen. Akcesorie tvoří apatit, zirkon, magnetit, titanit nebo ilmenit. Horniny jsou tmavě šedé nebo tmavě modrošedé.

Struktury bývají obvykle masivní, středně až hrubě zrnité. Mikrostruktura je stejnoměrně zrnitá, hypautomorfně zrnitá, kdy tmavé minerály a plagioklas mají vyšší stupeň omezení než křemen a ojedinělé K-živce. V porfyrických mikrostrukturách nikdy netvoří vyrostlice K-živce.

## **Syenit**

Jako syenity se označují horniny s obsahem do 5 % křemene a 10 – 35 % plagioklasů, zbytek světlých minerálů tvoří alkalické živce. Pokud jsou alkalické živce naprosto dominantní (do 10 % plagioklasů), označují se horniny jako alkalickoživcové syenity, vzroste-li obsah křemene na 5 – 20 % používáme označení alkalickoživcový kvarcsyenit, resp. kvarcsyenit. Syenity i alkalickoživcové syenity mohou obsahovat i do 10 % foidů, v takovém případě používáme označení syenit s foidy, resp. alkalicko živcový syenit s foidy.

Obvyklé číslo tmavosti syenitu je 10 – 35. Při vyšším zastoupení se už obvykle používá předpona melano- , při nižším obsahu pak označení leuko-. Z tmavých minerálů jsou běžně zastoupeny biotit, amfibol, pyroxen a ojediněle olivín. Z akcesorií jsou běžné zirkon, apatit, rutil, granát nebo titanit.

Struktury jsou zpravidla masivní nebo usměrněné, zrnitost je střední až velkozrná. Mikrostruktura může být stejnoměrně zrnitá, ale velmi často je porfyrická s vyrostlicemi karlovarsky zdvojitěného ortoklasu.

Horniny syenitového až granitového složení s vysokým číslem tmavosti se někdy označují souhrnně jako *durbachity* a jedná se nejčastěji o amfibio-biotitové melasyenity, melakvarcsyenity až melagranity.

## **Diority**

Do poměrně úzkého pole dioritů spadají horniny s obsahem křemene do 5 %, která ze živců obsahují naprostou převahu plagioklasů (nad 90% světlých součástí). Složení plagioklasů nesmí překročit hranici 50 % anortitové složky, pokud obsahují více, hornina se klasifikuje jako gabro. Obsahuje-li hornina do 10 % foidů, označuje se jako diorit s foidy. Pokud je křemen zastoupen 5 – 20 %, používáme označení kvarcdiorit, vzrůstem obsahu alkalických živců na 10 – 35 % klasifikujeme horniny jako monzodiorit, resp. kvarcmonzodiorit. Číslo

tmavosti dioritů je nejčastěji v intervalu 20 – 50 %, z tmavých minerálů je zcela běžný biotit, amfibol a pyroxen. Z akcesorií jsou běžné apatit, zirkon, titanit nebo allanit.

Barva horniny je obvykle šedá, tmavě šedá nebo šedo zelená. Struktura bývá masivní, skvrnitá nebo orbikulární. Zrno je obvykle jemné až střední. Struktury převládají hypautomorfně zrnité nebo ofitické.

Variabilita přítomnosti tmavých minerálů se odráží na pojmenování jednotlivých hornin. Běžné jsou typy amfibol-biotitové, biotit-amfibolové nebo amfibolové. Horniny, jejichž plagioklas mají složení kolem hranice An<sub>50</sub> se označují jako gabrodiority.

## **Gabroidy**

Gabroidní horniny spadají do dvou polí QAPF diagramu. Jedná se o horniny, které vždy obsahují více jak 90 % plagioklasů s bazicitou vyšší než An<sub>50</sub>, křemen do 5 % nebo foidy do 10 % (gabro s foidy). Přibýváním křemene se mění klasifikace na kvarcgabro, přibýváním alkalických živců v intervalu 10 – 35 % klasifikujeme horniny jako monzogabro nebo kvarcmonzogabro. Horniny skupiny gabra mají číslo tmavosti 30 – 60, hlavními tmavými minerály jsou ortopyroxen, klinopyroxen, olivín a amfibol. Častými akcesoriemi je ilmenit a magnetit.

Skupina gabroidů používá pro detailnější rozlišení trojúhelníkový diagram plagioklas – pyroxen – olivín a další rozdělení se provádí ještě na základě rozlišení ortopyrexonu a klinopyroxenu.

Barva gaber je šedočerná nebo zelenočerná, světlé mohou být anortozity. Struktura bývá masivní, zrno střední až hrubé. Mikrostruktura se obvykle označuje jako gabrově zrnitá, gabroofitická, poikilofitická nebo keylfitická.

Ve skupině převažují horniny se složením plagioklas + klinopyroxen, které označujeme jako gabro s.s. Jestliže je zastoupen ortopyroxen, označujeme horninu jako norit, při vyrovnaném zastoupení obou pyroxenů se běžně používá označení gabronorit. Je-li přítomno alespoň 5 % olivínu jednotlivé horniny se klasifikují jako olivínové gabro, resp. olivínový norit. Horniny skládající se z olivínu a plagioklasu a obsahující do 5 % pyroxenu jsou označovány jako troktolity. Speciální horninou je anortozit, který obsahuje nad 90 % plagioklasu.

## **Ultramafické horniny**

Jejich klasifikace se provádí na základě trojúhelníkového diagramu olivín – klinopyroxen – ortopyroxen. Tento diagram v určitém smyslu navazuje na klasifikační diagram gabroidů. V rámci diagramu se rozlišují dvě velké skupiny – horniny s obsahem pod 40 % olivínu jsou pyroxenity (ortopyroxenity, klinopyroxenity, websterity a olivínové websterity), horniny s obsahem olivínu nad 40 % jsou peridotity (harzburgit, lherzolit, wehrlit a dunit).

Všechny horniny mají číslo tmavosti nad 90 a z toho vyplývá i jejich velmi tmavá, obvykle černá barva.

## **Mikrogranit**

Jedná se o žilnou horninu, která svým složením zcela odpovídá granitu. Struktura je masivní, velikost zrna jemně až hrubě zrnitá. Mikrostruktura může být jednak stejnoměrně zrnitá, hypautomorfně nebo panxenomorfně zrnitá, v porfyrických varietách bývají vyrostlicemi křemen, ortoklas, albit a biotit. Velmi časté jsou symplektity živců a křemene. Ve starší literatuře se používalo označení žulový porfyr.

Podobně se vyčleňují žilné horniny od jiných typů hornin, např. mikrogranodiorit (dříve granodioritový porfyr), mikrotonalit, mikrosyenit apod. Většinou se jedná o horniny s porfyrickou mikrostrukturou, které odpovídají složením svým plutonickým ekvivalentům.

## **Aplit**

Aplity jsou poměrně variabilní žilné horniny. Aplit odvozených od granitických hornin se skládá z křemene a alkalických živců. Jde o leukokratickou horninu s masivní texturou, jemným zrnem a obvykle panxenomorfní mikrostrukturou.

S odpovídajícím složením byly popsány i granodioritické, tonalitické nebo gabrové aplity.

## **Pegmatity**

Jsou to horniny většinou žilného nebo čočkovitého charakteru, které krystalovaly ze zbytkového magmatu obohaceného volatilními komponentami. Jejich specifické označení se odvozuje od jejich složení – nejběžnější jsou granitické pegmatity, méně běžné jsou např. dioritové nebo gabrové pegmatity.

Granitické pegmatity jsou masivní, často velmi hrubě zrnité. Obsahují křemen, alkalické živce, muskovit a biotit. Některé typy obsahují speciální mineralizace bohaté bórem nebo lithiem. Tvoří běžný žilný doprovod granitických masivů spolu s aplity.

### **Ryolit (liparit)**

Vulkanická hornina (výlevný ekvivalent granitu) obsahující 20 – 60 % křemene a 10 – 65 % plagioklasů. Při naprosté převaze alkalických živců se používá označení alkalickoživcový ryolit. Z tmavých minerálů může být zastoupen biotit, amfibol nebo pyroxen, běžnou součástí je i sklovitá fáze (v krajním případě vznikají obsidián, smolek nebo pemza).

Struktura je masivní, proudová, mandlovcovitá nebo pórovitá. Mikrostruktura je porfyrická se základní hmotou hemikrystalickou, hyalinní, devitrifikovanou, sférolitickou nebo symplektitovou. Vyrostlice tvoří křemen a K-živce (sanidin), základní hmota je velmi jemnozrná. Makroskopicky se ryolity často jeví jako afanitické.

Ryolity ze starších geologických období (mladší paleozoikum) se někdy označují jako paleoryolity (dříve i křemenný porfyr).

### **Trachyt**

Hornina obsahující do 5 % křemen a 65 – 90 % alkalických živců se označuje jako trachyt (výlevný ekvivalent syenitu). Při obsahu alkalických živců nad 90 % klasifikujeme jako alkalicko-živcový trachyt, stoupne-li obsah křemene na 5 – 20 % používáme označení kvarcetrachyt, resp. alkalickoživcový kvarcetrachyt. Hlavním alkalickým živcem bývá sanidin, plagioklasy mají složení oligoklas až andezín. Z tmavých minerálů jsou přítomny biotit, amfibol nebo pyroxen, velmi vzácně olivín.

Barva horniny je většinou bílá nebo světle šedá. Struktura je masivní, pórovitá nebo fluidální. Typickou mikrostrukturou je porfyrická s trachytickou základní hmotou.

### **Andezit**

Andezit je jako hornina defiován poměrně široce – obsah křemene je do 20 % a obsah alkalických živců do 35 %. Pokrývá pole, kde je výlevným ekvivalentem kvarcmonzodioritu, kvarcdioritu, dioritu, monzodioritu, monzodioritu s foidy a dioritu s foidy. Kritériem v rozlišení mezi bazalty a andezity v chemické klasifikaci je hranice 52 % SiO<sub>2</sub>. Andezity jsou z hlediska složení velmi variabilní, ze světlých součástí je přítomen křemen nebo foidy,

převažující plagioklasy mají složení oligoklas – andezín. Běžnými tmavými minerály jsou pyroxen, biotit, amfibol a pokud není přítomen křemen tak i olivín.

Barva horniny je tmavě šedá nebo zelenošedá až černá. Struktura může být masivní nebo pórovitá. Mikrostruktura je běžně porfyrická s hyalopilitickou nebo pilotaxickou základní hmotou. V základní hmotě může být přítomno sklo.

Geologicky starší andezity se označují jako paleoandezity (dříve porfyrity).

## **Bazalty**

Bazalty zauímají v diagramu QAPF stejná pole jako andezity, jsou však výlevnými ekvivalenty gaber a v chemické klasifikaci mají méně SiO<sub>2</sub> než 52 %. Členění bazaltů podle chemických znaků je v základním stupni na alkalické a vápenato-alkalické, podle detailnějších chemických znaků lze rozlišit bazalty různé geneze. V bazaltech převažují plagioklasy s obsahem An nad 50 %, křemen je obsažen do 5 %, při obsahu do 20 % se používá označení kvarcbazalt. Jsou-li bez křemene mohou obsahovat foidy do 10 %. Z tmavých minerálů je typický pyroxen, v alkalických bazaltech je zcela běžný olivín. Podružně mohou být přítomny biotit a amfibol.

Horniny jsou většinou tmavě zelené, hnědé nebo černé. Struktura může být masivní i pórovitá. Mikrostruktury jsou různé – ofitická, porfyrická, hemikrystalická, holokrystalická nebo sklovitá.

Ve starší literatuře se hojně používá termín *melafýr*, což je bazalt s amygdaloidní mikrostrukturou. Termín *diabas* se používá pro prekambriické a paleozoické bazalty, není doporučen. Pojem *spilit* (ekv. metabazalt) lze použít pro bazalty, kde je prokázána metasomatóza nebo přeměna ve facii zelených břidlic.

## **Fonolit**

Je výlevným ekvivalentem foidového syenitu, možné označení je i nefelínový trachyt. Ze světlých součástí jsou zastoupeny foidy (většinou nefelin) a alkalické živce nad 90%. Z tmavých minerálů jsou to alkalické pyroxeny a amfiboly. Při vzrůstu obsahu plagioklasů až na 50 % označujeme horninu jako tefritický fonolit.

Barva horniny je světlá, struktura masivní nebo mandlovcová. Mikrostruktura je nejčastěji trachytická.



### ***Tefrit a basanit***

Obě horniny obsahují 10 – 60 % foidů, plagioklas nad 90 % a liší se pouze v obsahu olivínu. Tefrit obsahuje do 10 % olivínu v basanitu je olivín zastoupen nad tuto hranici. Zvýší-li se podíl alkalických živců až na 50 %, používáme označení fonolitický tefrit a fonolitický basanit.

Horniny jsou tmavé, struktury masivní, pórovité nebo fluidální. Struktura nejčastěji porfyrická, základní hmoty běžně obsahuje sklo.