



PRŮVODCE

GEO PARK GYMNÁZIA JÍROVCOVA

Petr Vaněk

Průvodce Geoparkem Gymnázia Jírovцова

Petr Vaněk

České Budějovice

2017

Foto na obálce: Panská skála u Kamenického Šenova

© Petr Vaněk, 2017

Fotografie © Petr Vaněk

Korekce: RNDr. Petr Rajlich, CSc. PhD., Mgr. Jarmila Ichová



**Gymnázium
České Budějovice
Jírovцова 8**

Slovo úvodem...

Příručka, kterou jste právě otevřeli, má sloužit jako Průvodce Geoparkem Gymnázia Jírovcova. Tento projekt se zrodil v mé hlavě před několika lety s jedním hlavním záměrem – vytvořit učební pomůcku, geopark, který však nebude takový jako ostatní.

Výuka geologie a oborů s touto vědou spojených rozhodně není jednoduchá. Tím nechci tvrdit, že výuka ostatních přírodovědných oborů je snadná, to ani omylem, ale geologie sama o sobě je obrovsky široká věda. Já sám tvrdím, že se jedná o vědu na pomezí biologie, chemie a fyziky, z každé z těchto věd v sobě geologie část obsahuje. Bohužel se k ní při výuce rozhodně nepřistupuje tak, jako k jednotlivým výše zmíněným vědám.

Částečně za to asi může fakt, že celá geologie je obrovsky variabilní. Pokud se v přírodě podíváte na vlka, žížalu, ploštěnku, sedmikrásku, kaprad' či rozsivku, jste obvykle ihned schopni určit, o jaký druh organismu se jedná, byť třeba s použitím lupy či mikroskopu. Geologie však takhle nefunguje. Pokud nahlédneme například do petrologie, každá hornina je svým způsobem specifická, a přesto nejsme u většiny z nich přesně schopni říci, o jaký druh horniny se vlastně jedná. Dokud neprovedeme různé, často nákladné laboratorní analýzy, můžeme se vlastně pouze „dohadovat“ o tom, o jakou horninu jde.

Další potíží je nepředstavitelné stáří celého zemského povrchu. V tomto úhlu pohledu se geologie blíží evoluční biologii, která také nemá „na stole“ daný organismus, a přece potřebuje zařadit organismus do jistého evolučního stromu. Nikdo totiž nikdy neviděl většinu původních hornin, které se před čtyřmi miliardami let nacházely na zemském povrchu a ze kterých vznikly horniny dnešní. Stejně tak nikdo nebyl u toho, když se na území dnešní České republiky zvedalo variské horstvo, které již dnes tak jako tak neexistuje. Opět jsme v říši pouhých dohadů a spekulací, ovšem zde nám již ani sebedražší laboratorní analýza nepomůže. V některých případech jsme sice schopni částečně nasimulovat různé děje a procesy, které nám mohou pomoci udělat si o daném problému představu, ale nikdy nebude stoprocentní, že to tímto způsobem skutečně probíhalo. Naše planeta je totiž plná záhad a tajností, které v současnosti nikdo na světě nedokáže rozluštit, a troufnu si říci, že ani za několik tisíc let nepřijdeme naší planetě zcela „na kloub“.

Jak tedy k celé vědě přistupovat? Jak se naučit poznávat jednotlivé druhy hornin, minerálů, zkamenělin, či chápat jednotlivé procesy? Na to neexistuje jednoduchá odpověď. Nic nejde okamžitě, stejně jako se ze dne na den nenaučíte rozeznávat od sebe všechny známé rostliny či živočichy. Jak se říká, musíte jednotlivé nuance „nakoukat“. Až vám rukama projde několik desítek hornin a minerálů, uvidíte, že najednou získáváte jistý nadhled.

To je však dnešní problém, často totiž nemáte „kde vzít ty horniny a minerály, které by vám rukama měly projít“. Proto jsem začal usilovat o vznik tohoto geoparku, který má v první řadě sloužit k tomu, abyste mohli jednotlivé exponáty „nakoukat“ v takové podobě, v jaké se s nimi můžete setkat v přírodě. Na fotce totiž nikdy nic není takové jako ve skutečnosti.

Zde obvykle ostatní geoparky končí, ovšem ten náš teprve začíná. Jak jsem již nastínil, v geologii, stejně jako v ostatních přírodních vědách, nestačí pouze daný objekt poznat. Každý nerost či každá hornina v sobě skrývá mnoho dalších informací, které můžete alespoň trochu zkušeným okem vyčíst. Často totiž stačí zamyslet se nad vzorkem a zapojit logické myšlení. A to je právě „kámen úrazu“. Většina z těch, kteří se s geologií kdy setkali, k tomuto nikdy nedošla.

Náš geopark vás ale přivede ke každému exponátu i z té druhé strany a představí vám i obrovského „strašáka“ většiny geologických věd – dynamickou geologii.

Osobně doufám, že ve vás náš geopark vzbudí zájem o to poznat i tu druhou stranu naší přírody, tu, která se nachází stovky kilometrů pod našima nohama, a třeba vás přivede na chuť geologickým vědám.

Autor

Orientace v průvodci

V celé příručce se můžete setkat s následujícími objekty:

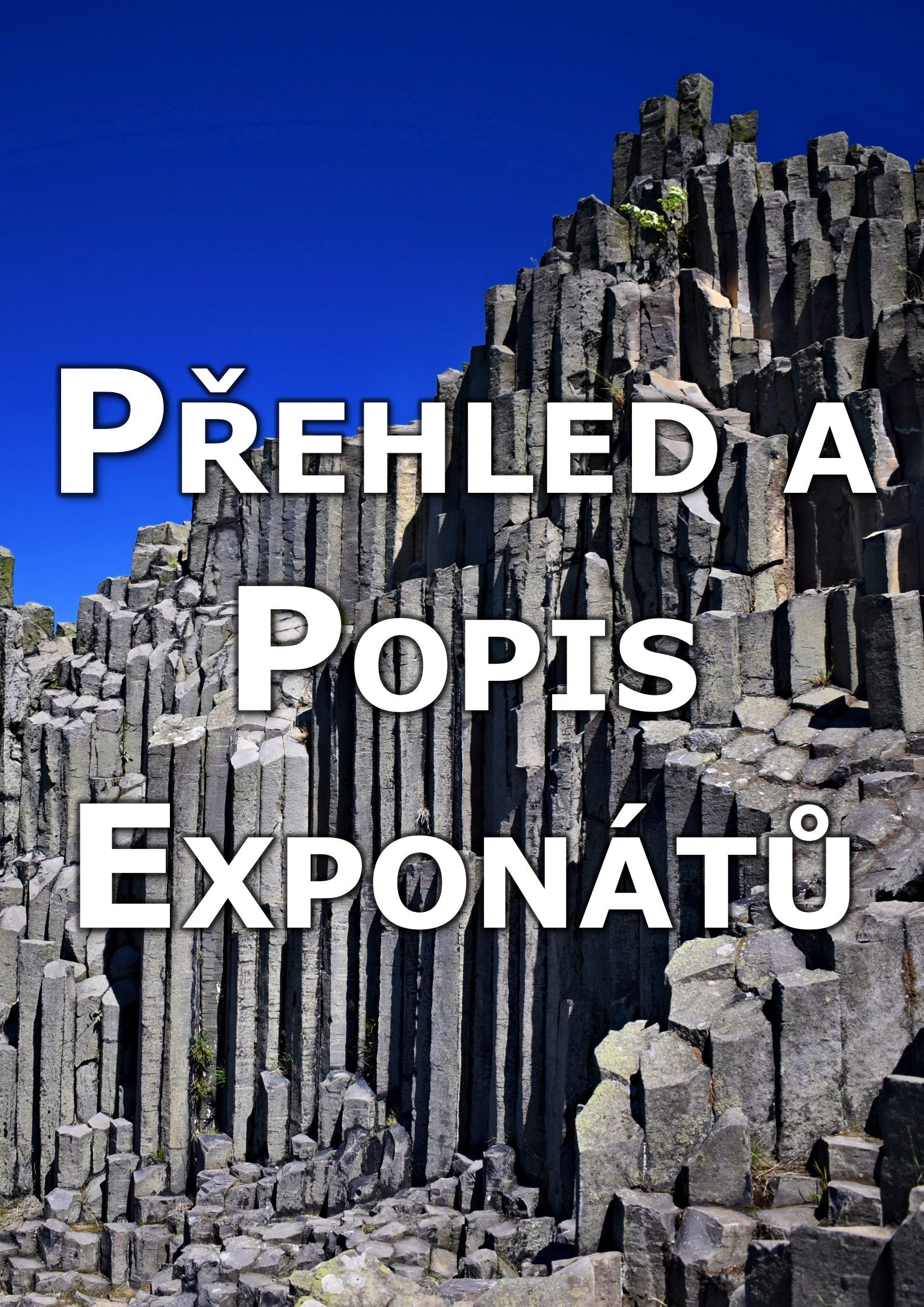
VŠIMNĚTE SI Toto pole upozorňuje na zajímavé či důležité objekty, kterých byste si měli na exponátu všimnout.

ZAJÍMAVOST Někdy se najde něco, co by mohlo být zajímavé zmínit, ale přímo to nesouvisí s daným exponátem. Pak danou informaci naleznete právě zde.

**POZNÁMKY
A VYSVĚTLIVKY** Možná v textu narazíte na něco, co vám nebude zcela jasné. Pak se zkuste podívat, jestli se na konci popisu nenachází právě tento objekt.



Přeji příjemné čerpání znalostí.



PŘEHLED A POPIS EXPONÁTŮ

Exponát č. 1 – pegmatit s velkými agregáty skorylu

Hornina: pegmatit, granulit

Zařazení hornin: pegmatit – žilné vyvřeliny, granulit – metamorphy

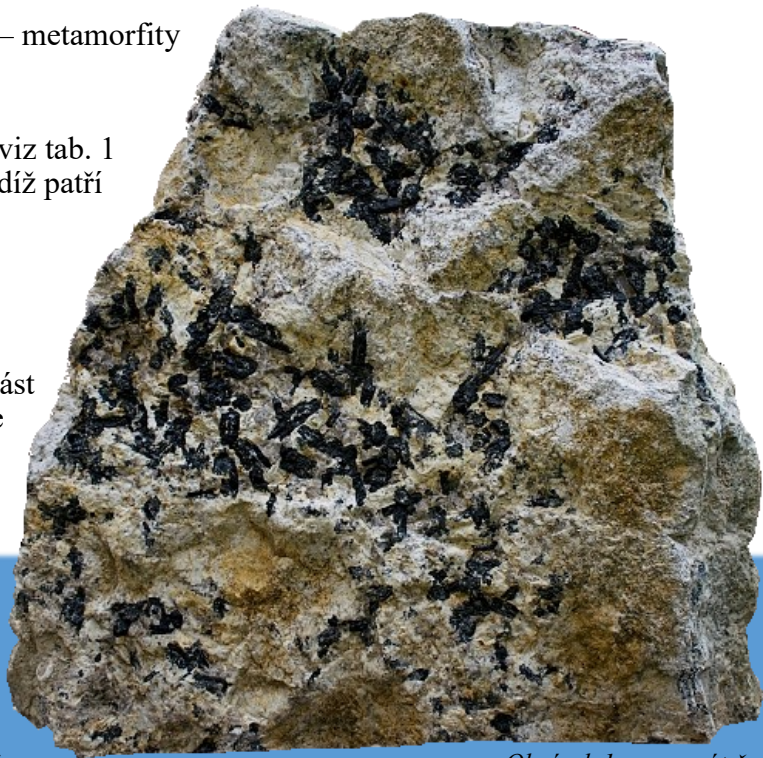
Lokalita: lom Kobyli hora, Prachatice

Pegmatit je **vyvřelá hornina** velice podobná žule (viz tab. 1 a 2). Na rozdíl od ní se vyskytuje výhradně v žilách, tudíž patří mezi tzv. **žilné vyvřeliny** (viz tab. 2).

Geologie horniny

Při důkladném prohlédnutí exponátu z více stran si můžete všimnout, že zadní část tvoří jiná hornina než část přední. S horninou v přední části, **pegmatitem**, jsme se již krátce seznámili. Zadní jsme ještě nezmínili, ale v geoparku si ji můžete prohlédnout v různých variantách, jedná se o horninu **granulit**.

Všimněte si: Pokud se na exponát podíváte z boku či shora, uvidíte **ostrý přechod** mezi oběma horninami. Ten naznačuje, že horniny **nevznikaly společně** ve stejnou dobu (viděli bychom pozvolný přechod z jedné horniny do druhé), ale že jedna je patrně starší než druhá. Protože jsme již uvedli, že pegmatit je žilná vyvřelina, je řešení vcelku jednoduché a jasné. Aby mohla žíla vzniknout, musí magma vniknout do již vzniklé horniny, ve které se obvykle nachází puklina, nebo je nějakým způsobem porušena. Touto horninou je v tomto případě granulit. Ve skutečnosti se tedy díváme na **podélný řez pegmatitovou žilou**.



Obrázek 1 – exponát č. 1

Všimněte si: Pegmatit je horninou typicky **hrubozrnnou**. Aby mohla zrna vyrůst do **velkých rozměrů**, musí magma **chladnout pomalu**, aby měly jednotlivé minerály čas na krystalizaci. Pokud by například magma vniklo do vody, zchladilo by se tak rychle, že by minerály nevykrytalizovaly téměř vůbec a vznikla by hornina celistvá.

Mineralizace horniny

Minerální složení pegmatitu víceméně odpovídá žule – většinu jejich hmoty tvoří **křemen, živec a slídy** (tzv. základní horninotvorné minerály; obr. 2), avšak přítomny jsou i další minerály, kterými se od sebe mohou lišit i dva vzorky stejné horniny (tzv. minerály doplňkové). Lidé často při poznávání minerálů v hornině zaměňují křemen za živec a naopak. Jak oba minerály rozeznat?

Ukažme si to na této hornině: Křemen tvoří zrna šedé barvy na rozdíl od živce, který je čistě bílý až nažloutlý (tato barva je způsobena oxidy železa, které vznikly rozkladem minerálů tvořených železem). Přestože je barevný rozdíl mezi oběma minerály na tomto vzorku vcelku markantní, nemusí být barva vždy ideálním určovacím znakem. Proto je nutné uvědomit si a sledovat i další náležitosti. V případě křemene a živce je to docela jednoduché – **živec je dokonale štěpný** na rozdíl od **křemene**, pro nějž je typický **nerovný lom**.

Všimněte si: Pokud se na horninu podíváte pod správným úhlem, začnou se **štěpné plošky živce** na světle výrazně lesknout. K tomuto jevu u lomných ploch, tedy křemene, nedochází.

Slída je obecný název pro skupinu minerálů patřících mezi **křemičitany (silikáty)**. V pegmatitu se nejčastěji setkáme se světlou slídou, která se nazývá **muskovit** (viz tento exponát), méně často, ale také celkem hojně i s tmavou slídou – **biotitem**. Ten se v našem exponátu nevyskytuje. Proč? To se dočtete dále.

Všimněte si: Slídy jsou tak **dokonale štěpné**, že jsou schopny se odlupovat po tenkých šupinkách, které se právě tak výrazně lesknou.

Zcela typickým minerálem pro pegmatit je **turmalín** (velké černé krystaly ve vzorku). Název turmalín je znovu souhrnný název pro celou skupinu minerálů patřících mezi **křemičitany**. Nejběžnějším z turmalínů je černý, nazývaný **skoryl** (ten se právě v našem vzorku nachází). Pokud navíc pegmatit obsahuje i příměs **lithia**, můžeme se v něm setkat s barevnými turmalíny patřícími mezi polodrahokamy až drahokamy. Obecně se nazývají **elbait** a podle barvy se dále dělí na zelený **verdelit**, růžový **rubelit** a modrý **indigolit**. Výskyt turmalínu je pravděpodobně jedním z důvodů, proč se v tomto exponátu nevyskytuje biotit. Oba minerály jsou kromě základní křemičitanové kostry tvořeny železem, turmalín ještě navíc mimo jiné obsahuje bor (patří mezi tzv. **borosilikáty**). Velice zjednodušeně lze říci, že pokud je bor přítomný, je větší šance, že se železo naváže do struktury turmalínu než do struktury biotitu.

Všimněte si: Krystaly turmalínu jsou **sloupce s patrnými hranami ve směru protažení krystalu**. Tento tvar je pro turmalíny typický. Jednotlivé sloupce však nejsou zcela dokončené a navzájem se kříží, vzájemně si bránily v růstu. Těmto nedokonalým krystalům říkáme (**krystalové**) **agregáty**.

Všimněte si: Při důkladnějším pozorování pegmatitu spatříte v některých částech rezavě červená zrna do velikosti cca půl centimetru. Jedná se o minerál ze skupiny **granátů** – tzv. **almandin** (obr. 3). S tím se důkladněji seznámíme u dalších exponátů. V pegmatitech není zcela běžný. Zde alespoň vidíte možnou variabilitu hornin.

Zajímavost: Ve Svatováclavské koruně je dominantním prvkem, který na první pohled upoutá, velké zrno růžového minerálu. Po více než půl tisíciletí byl považován za vůbec největší rubín na světě, až ke konci minulého století bylo různými analýzami zjištěno, že se jedná o **růžový turmalín – rubelit**.

Poznámky a vysvětlivky:

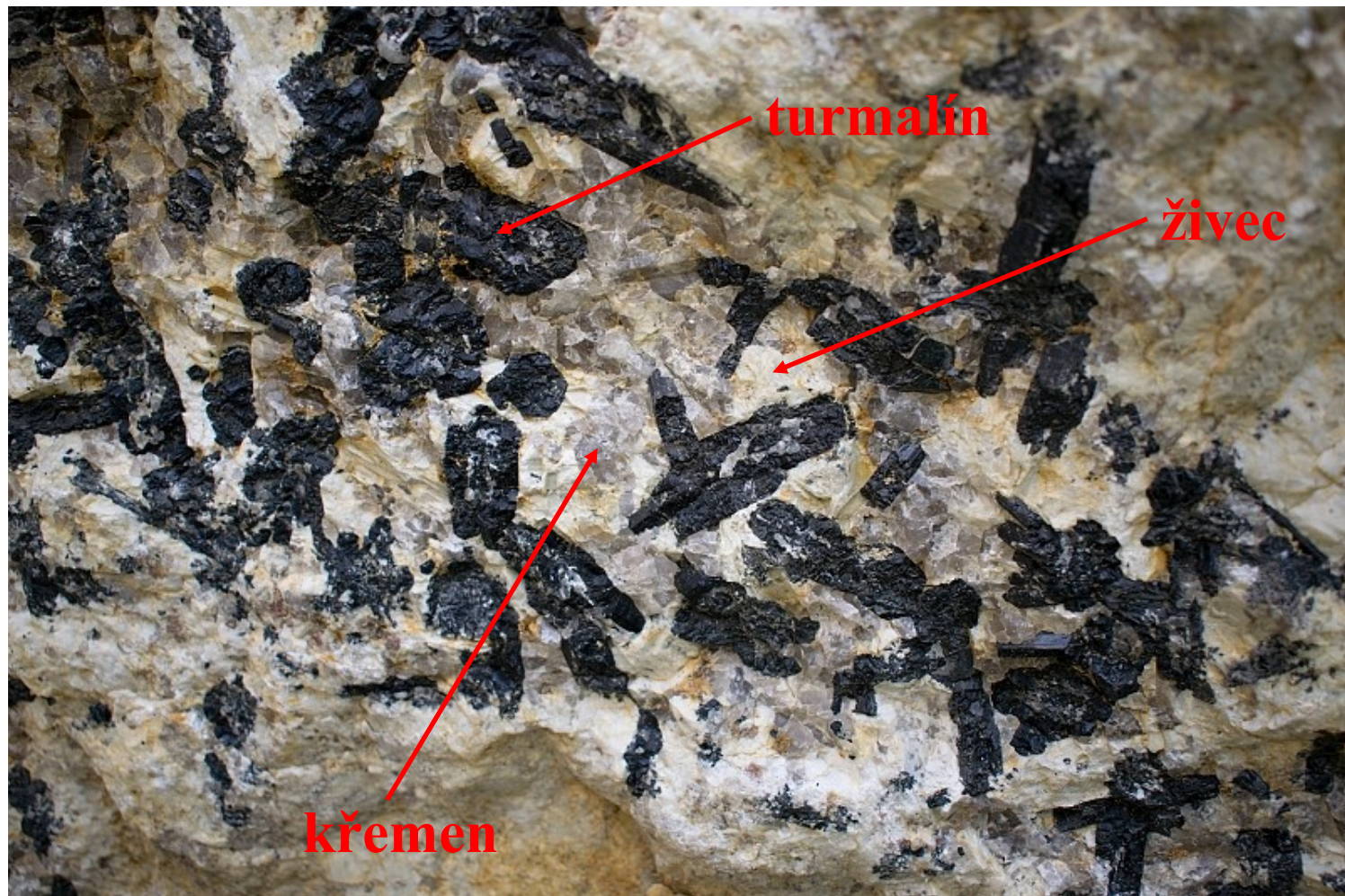
- **Horniny** dle velikosti zrn dělíme na **hrubozrnné, středně zrnité, jemnozrnné a kompaktní (celistvé)**.
- **Zrno** je obecné označení pro kus nerostu (obvykle v hornině), který není tzv. krystalově omezen (netvoří krystal).
- **Štěpnost** je schopnost minerálu **oddělovat se podle rovných plošek**. Je způsobena nestejně pevnými vazbami v jednom či více směrech v krystalové mřížce nerostu. Pokud minerál není štěpný, hovoříme o lomu.
- **Pyroxen** je obecný název pro minerál ze skupiny pyroxenů, mezi které patří specifické **křemičitany** zvláště ní svou vnitřní stavbou – např. augit, diopsid, ...
- **Vyrostlice** je název pro **krystaly** některých minerálů **v hornině**, které jsou mnohonásobně větší než velikost okolních zrn. Nejčastější vyrostlice tvoří **živec (plagioklas)**.

Tab. 1 – systematické rozdělení vyvřelých (magmatických) hornin podle chemismu magmatu

Typ magmatu	Hlubinná varianta	Výlevná varianta
Kyselé (acidické; vysoký obsah tzv. kyselých minerálů, zejména křemene)	Žula (granit)	Ryolit
Zásadité (bazické; vysoký obsah tzv. alkalických minerálů, např. pyroxeny, amfiboly, ...)	Gabro	Čedič (bazalt)
Smišené	Diorit	Andezit Znělec (fonolit)

Tab. 2 – přehled některých druhů vyvřelin

Název horniny	Druh vyvřeliny	Mineralizace
Čedič (bazalt)	Výlevná	Plagioklas, tmavé minerály (pyroxeny, amfibol), častý olivín
Diorit	Hlubinná	Méně křemene a živce, obsah zejména tmavých nerostů (biotit, pyroxeny, amfibol)
Granodiorit	Hlubinná	Křemen, živec, slídy, amfibol
Porfyr	Žilná	Méně křemene, tmavé nerosty (biotit, pyroxeny, amfibol), vyrostlice živce
Pegmatit	Žilná	Křemen, živec, slídy, častý turmalín
Syenit	Hlubinná	Méně křemene, živec (ortoklas i plagioklas hojně zastoupeny), slídy
Znělec (fonolit)	Výlevná	Tmavé minerály (pyroxeny, amfibol), občasný výskyt zeolitů
Žula (granit)	Hlubinná	Křemen, živec, slídy



Obrázek 2 – minerální složení pegmatitu

Obrázek 3 – zrna granátu almandinu



Exponát č. 2 – granulitová rula s pravou žílou pegmatitu

Hornina: granulitová rula

Lokalita: lom Kobyly hora, Prachatice

Zařazení: metamorfit

Obrázek 4 – exponát č. 2

Granulitová rula je hornina velice blízká **granulitu**. Jedná se o **nej- silněji přeměněnou** horninu, která se nachází na zemském povrchu.

Geologie horniny

Granulitová rula je název pro typ granulitu (více o této hornině se dočtete u exponátu č. 5), který obsahuje nápadně velké množství slídy – biotitu, který je navíc uspořádán do rovnoběžných pásů.

Všimněte si: Biotit tvoří v hornině téměř dokonalé rovné a navzájem rovnoběžné pásy, které se

pravidelně střídají se světlou složkou (viz obr. 5). Toto „pruhování“ se odborně nazývá

foliace, jedná se o zřetelné uspořádání složek horniny do ploch. Biotit zde pronikl po plochách foliace. Pokud se na tyto plochy vyplněné biotitem podíváme z boku, jeví se nám jako biotitové

páskování. Tato stavba (textura) je, společně s lineací (viz exponát č. 10) typická

pro **přeměněné horniny**, zejména **ruly**. Kvůli svému vzhledu je tedy hornina nazývána rulou, přestože se minerálním složením podobná spíše granulitu.

Silné probiotitizování patrné v granulitové rule probíhalo až po vzniku samotného granulitu. Ten v sobě obsahoval velké množství železitého granátu **almandinu** (typický pro granulit). Následně však na granulit začaly působit nasycené roztoky iontů (tzv. **fluida**) zahřátá na vysokou teplotu. Voda se spolu s některými ionty začala vázat do krystalové mřížky granátu a došlo k **přeměně granátu na biotit**. Přeměna probíhala v takové hloubce pod zemským povrchem, že se granulit nacházel v mírně plastickém stavu a vlivem jednosměrného smyku došlo ke

zvykající podobnému protažení horniny v jednom směru, které se projevilo uspořádáním biotitu do pásů.

Silné probiotitizování patrné v granulitové rule probíhalo až po vzniku samotného granulitu. Ten v sobě obsahoval velké množství železitého granátu **almandinu** (typický pro granulit). Následně však na granulit začaly působit nasycené roztoky iontů (tzv. **fluida**) zahřátá na vysokou teplotu. Voda se spolu s některými ionty začala vázat do krystalové mřížky granátu a došlo k **přeměně granátu na biotit**. Přeměna probíhala v takové hloubce pod zemským povrchem, že se granulit nacházel v mírně plastickém stavu a vlivem jednosměrného smyku došlo ke zvykající podobnému protažení horniny v jednom směru, které se projevilo uspořádáním biotitu do pásů.

Všimněte si: Přes celý exponát prochází přibližně kolmo k foliaci **pravá žíla pegmatitu**. K této poruše došlo až **po vzniku granulitu i po silném probiotitizování**. Jak si můžeme být tak jisti? Důkazem jsou úlomky granulitové ruly přibližně uprostřed exponátu (viz obr. 6), kde se pegmatitová žíla rozvětluje. Směr foliace okolní horniny není totožný se směrem foliace v úlomcích, které se natočily průnikem pegmatitového magmatu, avšak s již dříve vzniklou foliací vyplněnou biotitem.

Všimněte si: Přibližně ve středu exponátu se pegmatitová žíla rozvětluje. Toto rozvětvení je způsobeno **obtékáním úlomků** původní horniny magmatem. Původní hornina je rozpraskána vysokým tlakem pronikajícího magmatu. Pokud byla v některé části horniny nižší soudržnost zrn, mohlo dojít i k **vyštípnutí úlomků**, které jsou zpravidla ostrohranné.

Mineralizace horniny

Typickým minerálem pro granulit je minerál **živec**, který tvoří naprostou většinu základní hmoty společně s **křemenem**. Další příměsí v tomto exponátu je již výše zmíněný **biotit**. Při důkladnějším pohledu jsou patrná i zrna **granátu** – **almandinu** veliká několik milimetrů. V základní hmotě pegmatitu můžete pozorovat **živce** a šedá zrna **křemene**.

Poznámky a vysvětlivky:

- **Žíly** dělíme na pravé a ložní. Pravá žíla prochází napříč vrstvami, ložní žíla je uložena souhlasně s vrstvami.



Obrázek 5 – biotit pronikající po plochách foliace

Obrázek 6 – úlomky granulitové ruly uvnitř pegmatitové žíly



Exponát č. 3 – kontaktní granulit s žílou pegmatitu a biotitu

Hornina: pegmatit, granulit

Lokalita: lom Kobylí hora, Prachatice

Zařazení: pegmatit – intruzivní magmatit,
granulit – metamorfit

Geologie horniny

To, co právě sledujete, je s největší pravděpodobností část velké **pravé žíly**, která proniká okolními granulity. Jak je z předchozích exponátů patrné, celá lokalita byla postižena průniky **pegmatitového magmatu**. Granulit byl rozpraskan velkým tlakem magmatu a magma vyplnilo vzniklé pukliny. Tímto způsobem vzniká pegmatitová žíla viditelná na vzorku.

Všimněte si: Po okrajích pegmatitových průniků (tedy přibližně uprostřed exponátu) můžete sledovat zvláštní horninu, která se na první pohled jeví jako středně zrnitá žula (viz obr. 8). Pokud se však podíváte důkladně, zjistíte, že v hornině není patrný křemen – základní určovací minerál pro žuly. Jedná se totiž o tzv. **kontaktní granulit**, nebo lépe granulit postižený **kontaktní přeměnou**. K tomuto jevu dochází velice běžně. Žhavé magma proniká již vzniklými horninami pod takovým tlakem a za tak vysoké teploty, že způsobuje přeměny přítomných minerálů a různé deformace. **Kontaktní přeměna** (syn. **metamorfóza**) je jedním ze základních druhů přeměny hornin – typickým příkladem kontaktního metamorfitu (tedy kontaktně přeměněné horniny) je **skarn**.

Obrázek 7 – exponát č. 3

Všimněte si: Částí pegmatitu prochází velice masivní žíla dokonale čistého **biotitu** (viz obr. 7 a 9). Zatímco slabé probiotitizování hornin je v geologii zcela běžné, výskyt takto čistých žil biotitu je vcelku ojedinělý. Vznik biotitu významně souvisí s pegmatitovým magmatem. Z magmatu se postupně uvolňuje voda, která následně při vysoké teplotě (cca 500 °C) prochází horninami a obohacuje se o různé ionty – vzniká **fluidum**. Toto fluidum po ochlazení magmatu proniklo právě vzniklým pegmatitem, který byl ještě v mírně plastickém stavu, a došlo k vyloučení velkého množství biotitu. Někdy se pro toto fluidum užívá název **pneumatolytická fáze**. Průnik biotitu zároveň postihl i již zmíněný kontaktní granulit.

Mineralizace horniny

Na exponátu můžeme pozorovat typické minerály pro zmíněné horniny. Pegmatit je tvořen **křemenem**, **živcem** a již zmíněným **biotitem**, který v horní části vytváří masivní žílu. Granulit je tvořen převážně **živcem** s menším obsahem **křemene** a **druhotným biotitem**.

Zajímavost: Pokud je vyloučení biotitu opravdu enormní, vznikají speciální horniny zvané **biotitovce**. Jak název napovídá, jsou tvořeny víceméně pouze biotitem a kvůli vysokému lesku šupin slídy má tato hornina specifický vzhled.

Poznámky a vysvětlivky:

- Přívlastek **druhotný** (syn. **sekundární**) se v geologii používá pro vyjádření pozdějšího vzniku. Pokud například použijeme výraz, že se v hornině sekundárně vyskytuje určitý nerost, znamená to, že nerost nevznikal společně s horninou, ale později (je mladší).



Obrázek 8 – na kontaktu silně probiotitizované pegmatitové žíly (vlevo) s granulitem dochází ke kontaktní metamorfóze granulitu.

Obrázek 9 – detail biotitu uvnitř pegmatitové žíly



Exponát č. 4 – brekciový granulit tmelený pegmatitem s biotitovými průniky

Hornina: granulit

Lokalita: lom Kobylí hora, Prachatice

Zařazení: metamorf

Geologie horniny

Exponát se zprvu vyvíjel jako klasický granulit (viz exponát č. 5) s mírnou biotitizací následkem přeměny granátů. Vlivem vysokých tlaků, kterými na exponát působily jednak okolní horniny a jednak samotné pegmatitové magma, došlo k **rozlámání granulitu na úlomky**. Magma tedy snadno pronikalo do horniny a při mírném poklesu teploty došlo k postupné krystalizaci zrn pegmatitu. Průnik magmatu byl opět doprovázen fluidy (viz exponát č. 3), ze kterých se vylučoval do pegmatitu biotit.



Obrázek 10 – exponát č. 4

Všimněte si: Pokud se podíváte na původní granulit, uvidíte, že se jedná o ostrohranné úlomky (viz obr. 11). Hornina, která je tvořena z ostrých úlomků se nazývá **brekcie**, ovšem brekcie může být i hornina **usazená**. V petrologii se však často užívá přívlastek **brekciový** pro horninu, která byla vlivem tlaků rozlámána na části, a nakonec znovu pospojována, nikoliv však tmelem jako při usazování, ale magmatem.

Všimněte si: V horní části exponátu můžeme pozorovat další **poruchu**, ke které došlo při **tuhnutí proniklého magmatu** (viz obr. 12). Část původně rovné linie tvořené zejména biotitovou výplní byla **vtlačena** směrem do horniny. Pravděpodobně zde můžeme pozorovat **směr průniku** již zmíněného **fluida**.

Mineralizace horniny

Samotný granulit je tvořen typicky **živcem** s mírným obsahem **biotitu**. Většina biotitu je zde však hlavní složkou mladší pegmatitové výplně, jejíž další část tvoří živec.

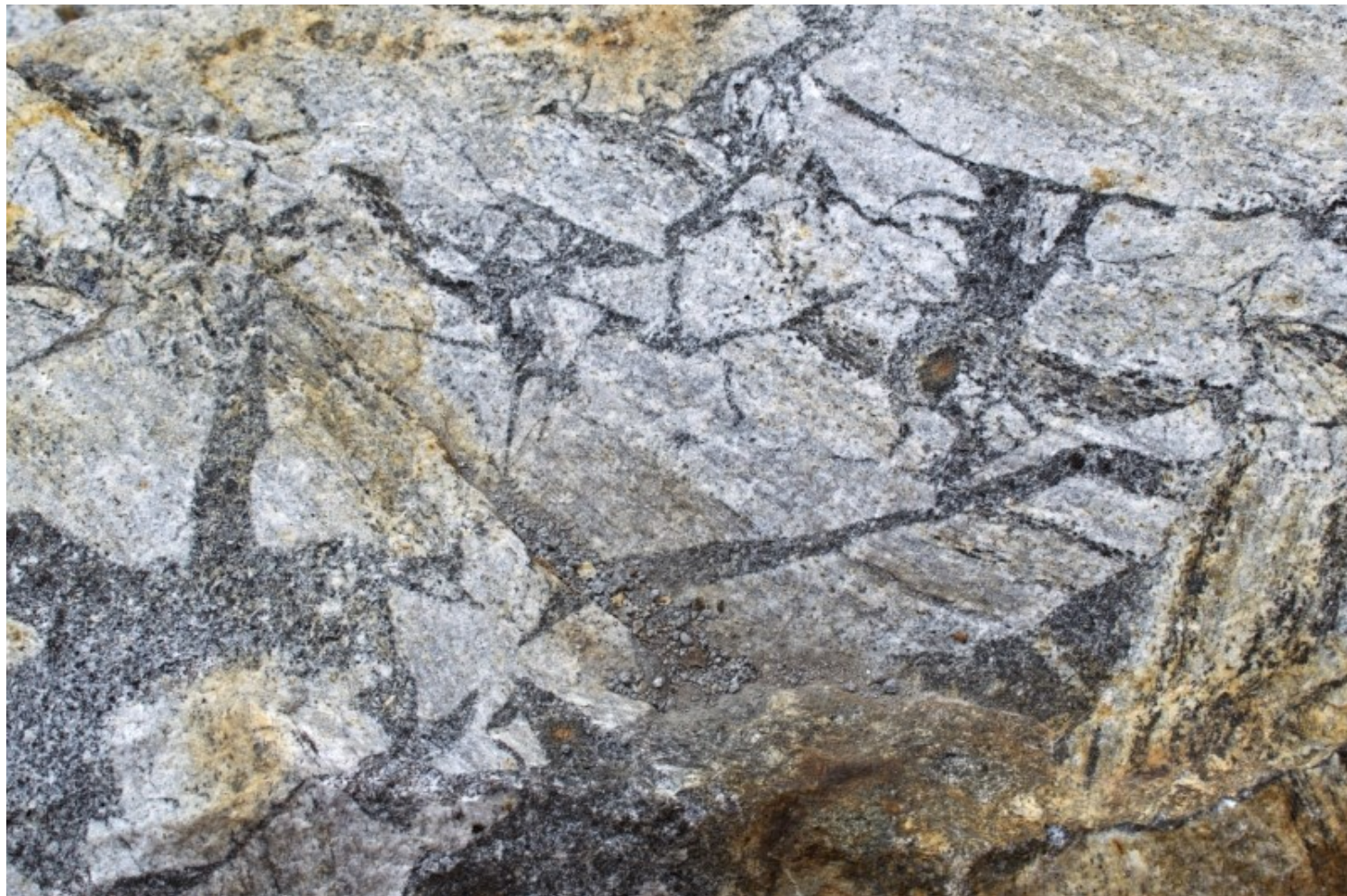
Zajímavým minerálem, zcela atypickým pro granulit, je tzv. **antofylit** (viz obr. 13). Jedná se o jehličkovitou **odrůdu amfibolu**, která se vyznačuje vysokým obsahem hořčíku. Vykazuje zajímavou stavbu na úrovni chemických vazeb, neboť je ze všech amfibolů nejměkčí. V tomto exponátu tvoří **koule** o průměru několika centimetrů, které se nachází pouze v pegmatitové výplni. **Antofylit** je tedy **mladší** než samotný granulit a do exponátu vnikl až při poruše současně s pegmatitem. Vzhledem k dokonalé kulovité stavbě však nevznikal v pegmatitové výplni, neboť by byla patrná deformace koulí a jejich nepravidelný růst, avšak byl do horniny zanesen již v této formě právě pomocí pegmatitového magmatu.

Všimněte si: Na povrchu exponátu, hlavně v okolí žil, je patrný **rezavý povlak** způsobený „vodnatým oxidem železitým (minerál limonit)“. K tvorbě tohoto povlaku došlo až u zemského povrchu, kde voda postupně „zatékala“ do horniny a rozkládala **biotit** tvořený z velké části právě železem. Uvolněné železo se poté oxidovalo a vytvořilo charakteristický rezavý povlak.

Zajímavost: Minerál **antofylit** je mezi mineralogy znám zejména z Vysočiny, konkrétně z okolí Heřmanova, kde se vyskytuje ve formě tzv. **heřmanovských koulí** (viz obr. 14). Jak již název napovídá, jedná se o koule velikosti až několika desítek centimetrů, jejichž střed je tvořen biotitem, který je poté jako slupkou obalen jehličkovitým antofylitem (tvoří tzv. radiálně paprscité agregáty, tedy všechny jehličky vychází z pomyslného středu do všech stran a v prostoru tvoří kouli). Celý útvar je na povrchu opět obalen slabou vrstvou biotitu.

Poznámky a vysvětlivky:

- Uvozovky u chemického složení **limonitu** jsou užity proto, že limonit jako nerost o chemickém složení $\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot n\text{H}_2\text{O}$ ve skutečnosti neexistuje. Jedná se o směs asi dvaceti minerálů obsahujících železo.



Obrázek 11 – brekciová (úlomkovitá) stavba granulitové brekcie

Obrázek 12 – pravděpodobný směr průniku fluida (zaznačen šipkou) pozorovatelný na deformaci pegmatitu





Obrázek 13 – antofylit ve formě tzv. heřmanovské koule uvnitř probiotitizovaného pegmatitového tmelu

Obrázek 14 – heřmanovská koule s výrazným bílým antofylitem po jejím obvodu



Exponát č. 5 – granulit (bělokámen)

Hornina: granulit (var. bělokámen)

Lokalita: lom Plešovice

Zařazení: metamorf

Granulit je jedna z nejvíce přeměněných hornin v zemské kůře. Pochází z **hloubek okolo 25 km**, tedy ze spodní části zemské kůry. Otázkou však zůstává, jak se z takové hloubky mohl dostat až na povrch.

Někteří geologové předpokládají, že došlo k vytažení horniny na povrch přes různé zlomy, nebo dokonce přes jakési přírodní kanály. Představa, že hornina cestuje 25 km k povrchu přes zlomy nebo přírodní kanály je však zcela nereálná, zejména kvůli tomu, že hornina netvoří pouze malé lokální útvary, ale poměrně **velké masívy**.

Podle Rajlichy je výskyt granulitů na povrchu spojen se zcela jiným dějem, **dopadem komety** do oblasti mezi České Budějovice a Prahu před více než **dvěma miliardami let**. Vysvětlení potvrzuje i fakt, že dnes můžeme na snímcích průřezu zemské kůry opravdu vidět oblast, která kráter výrazně připomíná. S dopadem komety je spjat výskyt ještě jedné horniny – **hadce (serpentinitu)**, který pochází až se **svrchního pláště**, tedy z hloubky cca **80 km pod povrchem**. Obě horniny se vyskytují poněkud roztroušeně a vzácně po celé České republice – granulit zejména v jižních Čechách (oblast Kletě, Prachatic, Křišťanova a Lišova), v Karlovarském kraji a v Náměšti na Moravě; hadce poté také na jihu Čech, v Orlických horách, na Vysočině a na Moravě, kde tvoří známý útvar – Mohelenskou hadcovou step.

Všimněte si: Pokud porovnáte předchozí exponáty granulitu (resp. granulitové ruly) s tímto, již na první pohled uvidíte značný rozdíl. Zatímco exponáty č. 2 a 4 byly poněkud tmavé (kvůli velkému obsahu biotitu), tento je téměř dokonale bílý. Proto je kameníky nazýván **bělokámen**.

Mineralizace horniny

Všechny granulity se vyznačují naprostou převahou **živcové složky**, především se jedná o draselný živec, tzv. **ortoklas**. Další součástí této horniny je téměř všudypřítomný **křemen** a v neposlední řadě **granát**, případně **biotit**.

Všimněte si: Pokud se zblízka podíváte na tento exponát, uvidíte v některých částech jasně červená zrnka **granátu** (železitého granátu zvaného **almandin**), zatímco jinde místo něj spatříte **biotit** (viz obr. 16). Oba minerály jsou společně provázané, pokud celý případ zjednodušíme, liší se v podstatě pouze v obsahu **vody**. Granát vodu neobsahuje, zato biotit ano. Ve velké hloubce, kde je vysoká teplota a tlak, vzniká granát. Jak se ale granulit postupně dostává k povrchu, váže se do jeho krystalové mřížky při vyšších teplotách voda a granát se postupně mění v biotit.

Všimněte si: Při průzkumu exponátu lupou můžete spatřit **světle modré jemně vláknité šupinky** (viz obr. 17). Tento minerál se nazývá **kyanit** (Al_2SiO_5 ; pozor, neplést s kyanidem (CN^-)!) a je pro granulit z této lokality typický.

Zajímavost: Stejný vzorec jako **kyanit** (Al_2SiO_5) mají ještě další dva minerály, které se vzájemně liší barvou. Zatímco kyanit je světle modrý, **sillimanit** je čistě bílý a **andalusit** má červenou barvu, která připomíná barvu masa. Andalusit jako jediný z nich netvoří vláknité šupinky. Pokud k jednomu chemickému vzorci můžeme přiřadit více minerálů, pak tento stav nazýváme **polymorfií**. Dalším příkladem polymorfie může být např. grafit/diamant, kalcit/aragonit, rutil/anatas/brookit atp.

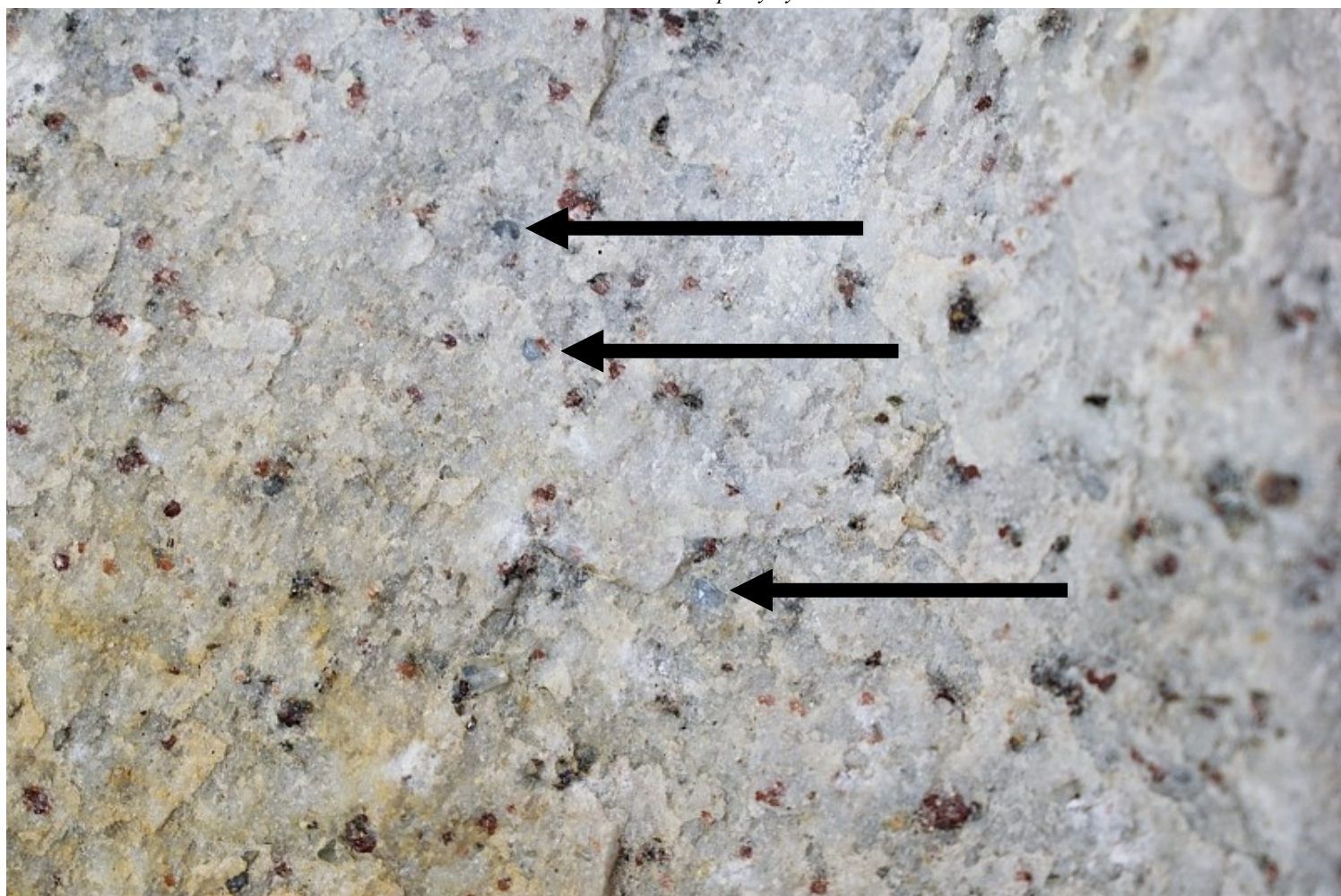


Obrázek 15 – exponát č. 5



Obrázek 16 – granát almandin (červený) a biotit (černý) v granulitu

Obrázek 17 – modré šupinky kyanitu



Exponát č. 6 a 7 – ultradraselný syenit

Hornina: ultradraselný syenit

Lokalita: lom Plešovice

Zařazení: plutonický magmatit

Syenity jsou horniny pocházející z hlubších částí zemské kůry – stejně jako např. žuly. Vyznačují se vysokým obsahem draselných živců (např. ortoklasu) a současným výskytem živců sodnovápenatých – tzv. plagioklasů, které jsou zastoupeny téměř ve stejném množství. Na rozdíl od žul neobsahují křemen (maximálně v malém množství), zato se vyznačují výskytem tmavých minerálů typu biotit a amfibol. Náš exponát ale není zcela typickým syenitem, hlavně co se stavby horniny týče.



Obrázek 18 – exponát č. 6

Geologie horniny

Tento exponát vznikl v obdobné hloubce jako granulity. Tím, jak se granulit dostával k povrchu, tlačil zároveň ultradraselné syenity, které se dnes nachází v plešovickém lomu společně s granulity (viz obr. 20). Chemické složení těchto hornin je ale zcela specifické, je totožné s českými pseudotachylity.

Jedná se o horniny podobné sklu. Pseudotachylity tvoří např. táborskou granátovou skálu a vykazují známky šokové přeměny, tedy přeměny díky enormně silným vibracím o vysoké frekvenci vznikajících po dopadu vesmírného tělesa – v tomto případě již dříve zmíněné komety, nejprve na sklo, poté na speciálnější druhy hornin. S touto horninou se v geoparku také setkáte.

V čem tkví specialita těchto hornin? Původně se geologové domnívali, že se (alespoň v případě pseudotachylitů) jedná o horninu postizřenou migmatitizací, po různých analýzách se však zjistilo, že světlá i tmavá složka mají naprosto totožné chemické složení, a to včetně stopových prvků. Toto zjištění vedlo geology k tomu, že vznik horniny přisuzují právě šokové přeměně. Tmavá složka je pozůstatkem původních hornin, zatímco světlá složka někdejší sklo. Horniny stejné stavby se totiž vyskytují v jasně prokázaných meteoritických kráterech v Kanadě a Africe. Jediný rozdíl mezi ultradraselným syenitem a pseudotachylitem je ve stavbě. Zatímco pseudotachylit vykazuje známky drcení (má tedy brekciovou stavbu), ultradraselný syenit byl ještě tažen.



Obrázek 19 – exponát č. 7

Všimněte si: Hornina vykazuje silné známky deformace (viz obr. 21), která je nejlépe patrná na tmavé složce horniny. Šedavé „žilky“ jsou různě zprohýbané. Pokud se na horninu podíváte z větší vzdálenosti, uvidíte, že deformace v exponátu probíhala směrem od podstavky nahoru. Všechny žilky jsou provalené víceméně v tomto směru.

Všimněte si: Součástí horniny jsou velké tmavé kulovité útvary. Původně se jednalo o granáty – almandiny. Při bližším ohledání však uvidíte, že granáty již buďto tvoří pouze středy kulovitých útvarů, zbytek (tedy okraje) je vyplněn biotitem (viz obr. 22), nebo je již celá koule čistý biotit (viz obr. 23). Zde pozorujeme stejný proces jako u předchozích exponátů. Hornina podléhala vzbě vodních roztoků do mřížky granátu, které z něj tvořily biotit. Na útvarech je pěkně patrné, jak voda postupně mění granát na biotit a postupuje od povrchu koulí směrem do středu.

Všimněte si: Tažení horniny můžeme nejlépe pozorovat opět na tmavé složce, avšak tentokrát na černých proužcích tvořených biotitem. Biotit, který nahradil granát, se vlivem tažení vyskytuje ve formě žilek, resp. ve formě koulí deformovaných v jednom směru.

Mineralizace horniny

Celou základní hmotu horniny tvoří živce. Dále se v hornině vyskytuje granát (var. almandin), který byl účinkem vodních roztoků postupně měněn na biotit (viz výše).

Zajímavost: Táborská granátová skála a Malenice jsou dvě místa výskytu **pseudotachylitů** v jižních Čechách. Sběratelé minerálů tato místa často navštěvovali, protože pseudotachylit obsahuje dokonalé krystaly granátů o velikosti až 5 cm v průměru. Dnes je však táborská granátová skála vyhlášena chráněnou lokalitou a vyhlášení ochrany Malenic je v jednání, protože sběratelé často tuto světovou raritu značně poškozovali.

Zajímavost: Speciální minerál, který se v těchto horninách vyskytuje, je **zirkon** (ZrSiO_4 ; obr. 24). Jedná se o mimořádně stabilní minerál, jehož chemické složení se nemění ani za extrémních podmínek, a tak nepřeměněný „přežije“ až několik miliard let. Právě díky své extrémní stabilitě je tento minerál používán k **radiometrickým měřením**, pomocí kterých lze zjistit stáří daného vzorku na základě obsahu jednotlivých izotopů. Konkrétně v **plešovickém ultradraselném syenitu** byly nalezeny krystaly staré **339 milionů let**. Jedná se tedy o minerál mnohonásobně mladší nežli okolní hornina. Izotopové složení u těchto zirkonů je tak přesné, že přesně kopíruje rozpadové křivky, a proto jsou brány za tzv. **světový standard** právě pro určování stáří zirkonů. Vznik nejstarších světových zirkonů je však datován před více než třemi miliardami let a nachází se naopak v mladších horninách, do kterých byly transportovány již jako hotové krystaly.

Poznámky a vysvětlivky:

- Při **migmatizaci** dochází k částečnému roztavení horniny, a to její světlé složky, která má zpravidla nižší teplotu tání než složka tmavá. Jedná se o nejsilnější způsob přeměny hornin. Tímto způsobem vznikají horniny migmatity.

Obrázek 20 – přechod granulitu v ultradraselný syenit způsobený tlačáním syenitu granulitem směrem k zemskému povrchu





Obrázek 21 – deformace ultradraselného syenitu je dobře patrná na biotitových žilkách

Obrázek 22 – almandin po okrajích postupně nahrazovaný biotitem





Obrázek 23 – v exponátu č. 7 jsou již veškeré granáty kompletně nahrazeny biotitem

Obrázek 24 – plešovický zirkon uvnitř místního ultradraselného syenitu



Exponát č. 8 – slinito-prachovitý pískovec

Hornina: slinito-prachovitý pískovec

Lokalita: Hamr na Jezeře

Zařazení: klastický sediment

Pískovce jsou horniny patřící do skupiny **úlomkovitých** neboli **klastických usazenin (sedimentů)**. Vznikají nahromaděním vrstev písku, do kterých vnikne lepivá hmota – tzv. **tmel**, který jednotlivá zrnka písku pospojuje dohromady a horninu zpevní. Pískovců rozlišujeme mnoho druhů, a to jednak podle toho, který minerál v původním písku převládal, jednak podle typů tmelu.

Geologie horniny

Exponát našeho pískovce vznikl z drobných zrněk písku. Některá z nich byla tak malá, že ani nesplňovala „geologickou definici“ písku. **Písek** je **nezpevněná usazená úlomkovitá hornina** o velikosti zrn od 0,63 do 2 mm (viz tab. 3). Pokud jsou zrnka o něco menší, nazýváme pak nezpevněnou horninu **prach** (zrnka o velikosti 0,02-0,63 mm) a jejím zpevněním vznikají **prachovce**. Protože náš exponát je co do velikosti zrn někde na pomezí mezi prachovcem a pískovcem, nazýváme horninu **prachovitý pískovec**.

V případě našeho exponátu byl tmelem tzv. **slín**, tedy hmota velice blízká jílu (zrnka menší než 0,02 mm). Na rozdíl od pravého jílu navíc obsahuje **uhličitan vápenatý**, tedy velice drobné krystalky minerálů **kalcitu** a **aragonitu**. Proto tuto horninu nazýváme slinitým pískovcem.



Obrázek 25 – exponát č. 8

Mineralizace horniny

Základní hmotu pískovce tvoří různé **jílové minerály**. Jedná se o skupinu minerálů vyskytujících se v jemnozrnných úlomkovitých usazeninách, zejména **jílovcích, břidlicích a prachovcích**. Skupina obsahuje několik set minerálů, které je zbytečné zmiňovat, neboť by se jednalo o pouhý výčet nesrozumitelných a nicneříkajících názvů.

Všimněte si: Při důkladném prohlédnutí exponátu uvidíte **lesklé šupinky** uvnitř pískovce (viz obr. 26). Jeden minerál ze skupiny jílovitých minerálů tedy přeci jen zmíníme, pravděpodobně se jedná o jílovitou slídu nazývanou **illit**.

Zajímavost: Tvar exponátu, který právě pozorujete, **nevznikl přírodně!** Jedná se o tzv. **vrtné jádro**. Pokud se provádí geologické vrtty, které slouží k průzkumu podloží určitého místa, je výsledkem vrtu právě válcovitý útvar, který nazýváme vrtným jádrem. Průměr vrtného jádra je dán samozřejmě průměrem vrtu, tedy velikostí vrtné soupravy, výška jádra zase odpovídá hloubce vrtu. Z takto získaného vrtného jádra pak geologové zjišťují horniny v podloží, mohou sledovat rudní žíly, zjišťovat přítomnost zlomů atp. Náš exponát je pouhým zlomkem celého vrtného jádra, neboť v případě usazenin je vrtné jádro obvykle ihned po vyjmutí z vrtu rozlámané na menší části.

Zajímavost: Zatímco určování základních horninotvorných minerálů vyvřelých a přeměněných hornin je možné alespoň orientačně pouhým pohledem na horninu pod lupou nebo pod mikroskopem, u usazenin typu jílovců a prachovců je situace o hodně složitější. Nejen pod lupou, ale ani pod mikroskopem nelze jednotlivé minerály určit, a proto se používají různé analytické metody, např. rentgenová difrakční analýza (XRD).

Tab. 3 – klasifikace úlomkovitých (klastických) sedimentů dle velikosti zrn		
Velikost zrn	Nezpevněná varianta	Zpevněná varianta
<0,02 mm	jíl	jílovec, břidlice
0,02-0,63 mm	prach	prachovec
0,63-2 mm	písek	pískovec
>2 mm	štěrk	brekcie, slepenec (konglomerát)

Obrázek 26 – velice jemnozrnná stavba slinito-prachovitého pískovce; lesk horniny způsobují různé jílové minerály, především jílová slída illit



Exponát č. 9 – archaický kvarcitický metaslepenec

Hornina: metaslepenec, kvarcit

Lokalita: lom Těchobuz

Zařazení: metamorf

Obrázek 27 – exponát č. 9

Kvarcity (česky křemence, avšak tento název je vcelku zavádějící, neboť se jím nazývá jak přeměněná, tak usazená forma) jsou **přeměněné horniny** vznikající z **pískovců (křemenců)**, v nichž jsou zrna písku tmelena **křemitým tmelem**. Hornina se vyznačuje občas bílým, častěji **šedavým vzhledem** s typickými **nepravidelnými zrny křemene**. Protože je hornina tvořena v podstatě pouze **křemenem**, je velice tvrdá, pevná, a proto se často drtí na štěrk a používá se zejména při stavbě silnic.

Geologie horniny

Hornina, kterou právě pozorujete, patří mezi **nejstarší horniny v Čechách** vůbec. Vznikla totiž již v **archaiku**, první geologickém období datovaném od 4 do 2,5 miliard let před současností (4000-2500 Ma), konkrétně asi v rozmezí 3 až 2,5 miliard let před současností.

Původně se jednalo o **usazené horniny slepence** tvořené velkými **křemennými valouny** a tmelené **křemitým tmelem**. V období prahor, kdy na našem území horniny postihlo **archaické vrásnění** (viz obr. 28 a 29), byl křemenný slepenec stlačen do té formy, kterou vidíte před sebou. Protože v geologii neexistuje speciální název pro metamorfovanou formu křemenných slepenců, budeme je nazývat kvarcitickými **metaslepenci**, přičemž předpona **meta-** značí přeměnu původní horniny.

Všimněte si: V hornině se nachází **oválné křemenné prostorové útvary** (viz obr. 30). Jedná se o původní **křemenné valouny**, které byly při přeměně pouze **deformovány**, ale nedošlo ke změně struktury či chemického složení, neboť křemeny jsou velice odolné, a to jak fyzikálně, tak chemicky.

Všimněte si: Během přeměny byly vysoké tlaky doprovázeny také **horkými (hydrotermálními) roztoky**, které se při průchodu horninami obohacovaly zejm. o **železo**. Z nich se nakonec vyloučila tmavá slída **biotit** (viz obr. 31). Ta v některých případech tvořila také **kulovité útvary** (tzv. **budiny**; viz obr. 30), které byly **deformovány** stejně jako křemenné valouny (viz výše).

Mineralizace horniny

Jak jsme již nastínili, kvarcity a horniny jim příbuzné jsou tvořeny výhradně **křemenem**, který tvoří nepravidelná zrna. Exponát byl při přeměně postižen i průnikem roztoků, ze kterých se vyloučil **biotit**. Na lokalitě se v kvarcitech také vyskytují minerály ze skupiny sulfidů, jako je např. **pyrit**, nebo vzácnější **pyrhotin** (viz obr. 32).

Všimněte si: Prohlédněte si zblízka strukturu kvarcitu – pro něj naprosto typickou. Uvidíte již dříve zmíněná **nepravidelná zrna křemene**. Tato struktura se nevyskytuje u žádné jiné horniny, a proto je skvělým určovacím znakem. V některých případech, kdy jsou kvarcity téměř čistě bílé a velice drobnozrnné, lze váhat, zdali se nejedná o **krystalický vápenec (neboli mramor)**. Ten je sice tvořen pravidelnými zrnky kalcitu či dolomitu, ale mohou být tak malá, že nedokážete rozlišit, jestli jsou pravidelná, či ne. V tomto případě si lze pomoci jakýmkoliv železným předmětem, ideálně kladivem. Zatímco do mramoru uděláte velice snadno rýhu, **do kvarcitu nerýpnete** v žádném případě.

Zajímavost: Lokalita **Těchobuz** (viz obr. 33) není známa pouze výskytem **kvarcitu** a **kvarcitických metaslepenců**, ale také **metabřidlicemi** (viz obr. 31) a **erlany** (viz obr. 34) – přeměněnými horninami obohacenými o vápník. Kdybychom oblast navštívili před zvrásněním a přeměnou hornin, pravděpodobně bychom pozorovali skály, které jsou tvořeny **střídajícími se vrstvami různých usazenin** – v části by byly vidět křemenné slepence, v další části křemence a jinde zase břidlice. Vrásněním byly vrstvy zničeny (přinejmenším silně deformovány a dnes již vrstvy příliš nepřipomínají), ale stále můžeme rozlišit jednotlivé horniny. Díky tomu mám představu, jaké horniny v archaiku vznikaly a jak alespoň z části vypadaly.



Poznámky a vysvětlivky:

- Nenechte se zmást metamorfózou břidlic. Přestože jsme zmiňovali přeměnovou řadu hornin u exponátu č. 11, která popisuje postupnou přeměnu břidlice na jiné, metamorfované horniny, ne vždy musí vznikat právě tyto tzv. krystalické břidlice, což je případ právě Těchobuže. Proto užíváme pouze název metabřidlice.

Obrázek 28 – zvrásnění hornin patrné na lomové stěně; červená čára kopíruje plochu vrstev





Obrázek 29 – šikmá vrása patrná na lomové stěně; červená čára kopíruje plochu vrstev

Obrázek 30 – deformované křemenné valouny a biotitové budiny protažené v pravolevém směru





Obrázek 31 – masivní průniky biotitu jsou nejlépe patrné na archaických metabřidlicích

Obrázek 32 – minerál pyrrhotin





Obrázek 33 – v lomu Těchobuz se těží jedny z nejstarších hornin v České republice

Obrázek 34 – vrstvy erlanu (zelený) mezi vrstvami kvarcitu (šedý až černý)



Exponát č. 10 – blanická ortorula

Hornina: blanická ortorula (muskovit-biotitická ortorula)

Lokalita: hrad Šelmberk

Zařazení: metamorfit

Ortorula je přeměněná hornina. V geologii rozlišujeme dva typy rul – **ortorulu** a **pararulu**, které se vzájemně liší vznikem. Zatímco pararula vzniká z usazenin (předpona **para** - právě označuje původ ze **sedimentu**), ortorula přeměnou vyvřelin (nejčastěji žul; **orto-** je předpona pro horninu vznikající z **magmatitů**).

Geologie horniny

Všimněte si: Již na první pohled vidíte, že jednotlivá zrna v hornině nejsou nahodile uspořádána (jako je tomu např. u pegmatitu či žuly), ale celá hornina je tzv. **usměrněná**. Jedná se o základní poznávací znak přeměněných hornin. Jakmile uvidíte takto usměrněnou horninu, můžete téměř s jistotou tvrdit, že se jedná o horninu přeměněnou. Toto usměrnění je způsobeno **lineací** (viz obr. 36), tedy uspořádáním podobných minerálů do stébel (do češtiny lze toto slovo přeložit jako stébelnatost). Tím, že se střídají světlá a tmavá stébla, jsme schopni usměrnění pozorovat. Usměrnění můžete pozorovat i na exponátu č. 2 – granulitové rule.



Obrázek 35 – exponát č. 10

Jak lze vysvětlit vznik lineace? Žula obsahující velké kusy živců je vystavena **vysokému tlaku a zvýšené teplotě**, čímž se stává **plastickou** a ve směru působení tlaku dochází k jejímu **natažení**. Původní kusy živců, resp. křemene v hornině vytváří světlé proužky, tmavé minerály jsou naopak uspořádány do proužků tmavých.

Mineralizace horniny

V krátkosti jsme již mineralizaci ortoruly zmínili. Světlá složka je tvořena hlavně **živci**, částečně také **křemenem** a **muskovitem**, zatímco tmavá složka je tvořena hlavně tmavou slídou – **biotitem**. Mimo zmíněné minerály je v horní části exponátu opět patrný **granát** – **almandin** (viz obr. 36).

Všimněte si: V celé hornině (zejména pak na levém boku exponátu) můžete pozorovat stříbřité lupínky slídy **muskovitu** (viz obr. 37). Tato slída je pro určování rul velmi důležitá. Pokud hornina obsahuje pouze **biotit**, nebo biotit společně s minimem muskovitu, jedná se o **pararulu**. Jestliže hornina ale obsahuje velké množství **biotitu** i **muskovitu** zároveň, jedná se o **ortorulu**. Samozřejmě, že určení není vždy tak jednoduché, ale pro základní rozlišení orto- a pararuly nám bude dostačovat.

Zajímavost: Možná jste již slyšeli o naší nejmenší chráněné krajinné oblasti, nebo jste ji dokonce navštívili. Asi tedy víte, že hovoříme o **CHKO Blaník**. Tato oblast dostala název podle dominantního vrchu Velký Blaník (638 m. n. m.), který je právě, stejně jako okolní kopce, tvořen **ortorulou**. Proto se hornina nazývá blanická ortorula. Tato hornina se dříve v CHKO dokonce těžila, avšak těžba byla již před několika desítkami let ukončena.



Obrázek 36 – typický vzhled ortoruly daný usměrněním horniny díky biotitové lineaci; ve spodní části jsou patrná rezavá zrna almandinu

Obrázek 37 – muskovit je základním určovacím znakem ortoruly



Exponát č. 11 – sillimanit-biotitická pararula

Hornina: sillimanit-biotitická pararula

Lokalita: Řípec

Zařazení: metamorfit

Pararuly jsou, na rozdíl od ortorul, přeměněné horniny vznikající z **usazenin**. Jedná se o horninu, která v jižních Čechách naprosto **dominuje**, vytváří tzv. **jednotvárnou sérii moldanubického krystalinika**.

Geologie horniny

Pararuly jsou silně přeměněné horniny, které stojí téměř na vrcholu tzv. **přeměnové řady usazených hornin** (viz tab. 4). Celou přeměnu si lze zjednodušeně představit takto: na počátku, tedy v podmínkách evolučních, dochází k usazování částecek kalu, resp. bahna a vzniká **břidlice** (zatím stále usazená hornina). Jakmile evoluční podmínky pominou a jsou nahrazeny revolučními činiteli (v tomto případě vrásněním), začínají být břidlice vystavovány extrémním tlakům a teplotám, čímž dochází k postupné přeměně. Pokud na břidlici působí pouze slabý tlak, dojde ke vzniku slabě přeměněné horniny – **fylitu**, která se vyznačuje obsahem zelenomodré až modrošedé slídy **chloritu**. Pokud na fylit začne působit vyšší tlak a teploty, mění se na **svor** – stříbřitě lesklou horninu, jejíž lesk je dán obsahem světlé slídy **muskovitu**, který vzniká postupnou ztrátou vody z krystalické mřížky chloritu. Silněji přeměněnou horninou v pořadí je již naše pararula, ve které převažuje tmavá slída **biotit** (viz mineralizace horniny). Úplně na vrcholu přeměnové řady stojí **migmatit**, který vzniká procesem **migmatitizace** (viz vysvětlivky u exponátu č. 6).



Obrázek 38 – exponát č. 11

Migmatity jsou horniny, ve kterých se střídají tmavé a světlé pásy, které se liší nejen barvou, ale i mineralizací. V podstatě o migmatitu můžeme hovořit jako o „žule v rule“, neboť tmavá část horniny, ve které nedošlo k natavení, odpovídá stále pararule, zatímco světlá část, která byla kompletně roztavena (vzniklo tedy magma), v hornině při poklesu teploty vytvořila světlé pásy. Minerálním složením i vznikem odpovídá žule.

Všimněte si: Biotit v hornině, stejně jako u přechozího exponátu, vytváří nápadnou **lineaci**, která je jednou z hlavních příčin, proč se nám hornina jeví jako **usměrněná** (viz obr. 39).

Mineralizace horniny

Základním minerálem pararul je **živce**, který vytváří světlou složku horniny a obvykle ji zbarvuje do světle žluté až naoranžovělé barvy. Dalším velmi důležitým minerálem je **biotit**, který dodává hornině tmavý odstín.

Všimněte si: Na rozdíl od ortoruly v pararule **nenarazíte na muskovit**, neboť se ztrátou **draslíku**, který přešel do živce, veškerý muskovit přeměnil právě na **biotit** (kterého je v pararule mnohonásobně více než v ortorule – porovnejte sami). Nepřítomností, resp. přítomností muskovitu lze od sebe odlišit pararulu od ortoruly. Dalším rozlišujícím znakem, který však není vždy stoprocentní, je **soudržnost** a celkový vzhled obou hornin. Pararuly totiž kvůli vysokému obsahu biotitu a živců snadno podléhají **zvětrávání**, a proto jsou často při omaku rozpadavé a drolivé. V našem případě však tento trend není pozorovatelný, a tak nezbyvá, než obě horniny „nakoukat“.

Všimněte si: Zejména v přední části exponátu se mezi šupinkami biotitu nachází téměř čistě **bílý minerál**, který jsme již zmínili jako příklad **polymorfie**. Jedná se o **sillimanit** (Al_2SiO_5), vláknitý křemičitan, který je právě v některých typech pararul celkem bohatě zastoupen.

Tab. 4 – základní schéma přeměnové řady usazených hornin (červeně značená hornina ještě není metamorfovaná)

Jílovitá břidlice → fylit → svor → pararula → migmatit

Poznámky a vysvětlivky:

- **Moldanubikum** (vltavsko-dunajská oblast) je jedna z pěti částí, na které se dělí Český masiv – největší geologická jednotka na našem území. Dalšími částmi Českého masivu jsou: **bohemikum** (středočeská oblast), **saxothuringikum** (sasko-durynská oblast), **lugikum** (západosudetská oblast) a **moravoslezikum** (moravskoslezská oblast). Moldanubikum je z těchto oblastí největší – zahrnuje celý Jihočeský kraj i Vysočinu a k tomu zasahuje na jih Plzeňského a Středočeského kraje. Vyznačuje se naprostou převahou **přeměněných hornin** s občasnými výskyty **vyvřelin** typu žula.
- Přeměněným horninám vznikajícím z usazenin se dříve obecně říkalo „**krystalické břidlice**“, neboť více či méně zachovávaly strukturu usazených hornin. **Krystalinikem** tedy rozumíme soubor těchto metamorfítů, které zpravidla tvoří **podklad** pro mladší horniny. **Moldanubické krystalinikum**, tedy nejstarší horniny v moldanubiku, se rozděluje na dvě části – **jednotvárnou a pestrou sérii**. **Jednotvárná série** je tvořena právě **pararulami** až **migmatity**, zatímco do **pestré série** řadíme všechny **ostatní přeměněné horniny**, které tvoří obvykle menší tělesa, tzn. amfibolity, granulity, krystalické vápence atd.
- Ve skutečnosti je celý proces přeměny usazenin mnohem složitější, dochází zároveň k částečné změně obsahu chemických prvků apod., ale pro základní vysvětlení postačuje rozdíl v obsahu vody.

Obrázek 39 – patrné usměrnění (směr naznačen úsečkou) pararuly způsobené uspořádáním biotitu; bílé části horniny jsou tvořeny minerálem sillimanitem



Exponát č. 12 – porfyrický durbachit

Hornina: durbachit

Lokalita: Větrovy

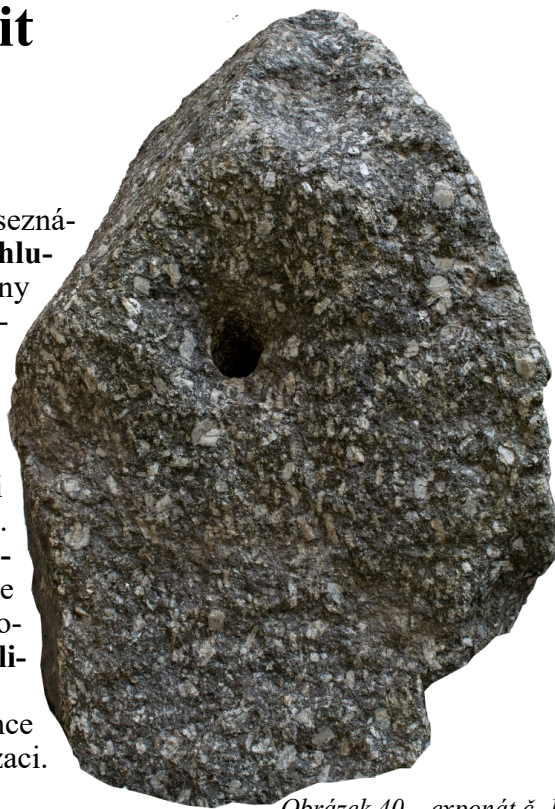
Zařazení: hlubinný magmatit

Durbachit je odrůdou **syenitu**, se kterým jsme se již v krátkosti seznámili v případě ultradraselného syenitu (exponáty č. 6 a 7). Jedná se o **hlubinnou vyvřelinu**, ve které značně převládají **živce** (jsou zastoupeny oba typy – draselné i sodnovápenaté živce, a to v téměř stejném poměru), křemen je přítomen pouze v malém množství.

Geologie horniny

Durbachity jsou definovány jako **syenity**, ve kterých je velmi **hojně zastoupena tmavá složka horniny** (viz mineralizace horniny). Ta je, na rozdíl od světlé složky, kterou tvoří živce, mnohem **jemnozrnnější**. Tento jev se v některých horninách hojně objevuje (typickým příkladem jsou např. **porfyry** – žilné vyvřeliny s velmi podobnou stavbou jako u našeho exponátu) a svědčí o **postupné krystalizaci minerálů** z magmatu.

Aby mohl nějaký minerál v hornině vytvořit velká zrna či dokonce krystaly, musí mít nejen **prostor**, ale i **dostatek času** na krystalizaci. Čím menší tedy zrna jsou, tím později minerál vznikl a naopak.



Obrázek 40 – exponát č. 12

Všimněte si: Světlá složka horniny vytváří na průřezu obdélníkové útvary – jedná se o dokonale omezené krystaly živce – **plagioklasu**. Takto „uzavřené“ krystaly v hornině se nazývají **vyrostlice**. Vyrůstlice jsou typicky mnohem větší než okolní zrna v hornině. Horniny s tímto vzhledem se nazývají **porfyrické (s porfyrickou stavbou)**. Porfyrická stavba je dokonalým příkladem postupné krystalizace horninových minerálů z magmatu. **Plagioklas** se z magmatu **vylučují úplně první** a díky tomu mohou vytvořit velké krystaly – mají dostatek času i prostoru. Tmavá složka se vylučuje až v další fázi, kdy se již hornina ochlazuje rychleji, a proto zrna nedosahují takové velikosti jako v případě vyrůstlic plagioklasu.

Mineralizace horniny

Jak jsme již zmínili, syenity se obecně vyznačují **malým podílem křemene**, naopak dominantními minerály jsou **živce** (viz obr. 41), jejichž dvě varianty – **draselný a sodnovápenatý živce** – jsou zastoupeny v poměru cca 1:1. V případě našeho **durbachitu** je dominantní složkou světlé části horniny **sodnovápenatý živce plagioklas**. **Ortoklas** (draselný živce) je také zastoupen, ale je vmísený ve tmavé složce horniny a jeho zrna nejsou patrná. Jeho přítomnost bychom museli prokázat pomocí analýzy.

Všimněte si: Tmavá složka horniny (viz obr. 41) je složena zejména z tmavé slídy **biotitu**, avšak zastoupeny jsou i další tmavé minerály jako **amfibol** či **augit**, které ve tmavé složce tvoří **sloupcovité krystalky**.

Zajímavost: **Plagioklas** (sodnovápenatý živce) jsou příkladem **dokonalé mísitelnosti dvou minerálů** – vápenatého živce **anortitu** ($\text{Ca}[\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_8]$) a sodného **albitu** ($\text{Na}[\text{AlSi}_3\text{O}_8]$). Pokud jsou si dva minerály strukturně i chemicky velice podobné, až tak, že se mohou v krystalech vzájemně zastupovat, hovoříme o tzv. **izomorfii**. Díky této vlastnosti se tvoří směsné plagioklas, které se klasifikují podle **procentuálního obsahu obou zmíněných minerálů** na základě tzv. **albit-anortitové plagioklasové řady**, do níž spadají jak (téměř) **čisté formy** (tvořené víceméně jednou látkou) – **albit a anortit**, tak formy **směsné** – např. **oligoklas** (viz tab. 5). Plagioklas je tedy pouze obecný název pro skupinu sodnovápenatých živců.

Dalším příkladem izomorfie jsou například veškeré **jednoduché uhličitany**, my uvedeme konkrétní příklad. **Krystalický vápenec (mramor)** je přeměněná hornina tvořená v podstatě jen **kalcitem** (CaCO_3). Ten si je však velice strukturně i chemicky příbuzný s **dolomit** ($\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$), a proto ho může v některých případech zastoupit. Hornina pak dostává **žlutavý až modravý nádech** a je o něco **tvrdší** než klasický mramor, neboť dolomit se na Mohsově stupnici tvrdosti pohybuje o půl stupně výše než kalcit (tvrdost kalcitu je 3, u dolomitu 3,5). Stále se však jedná o mramor.

Tab. 5 – albit-anortitová živcová řada (Ab=albit, An=anortit)

90-100 % Ab 0-10 % An	70-90 % Ab 10-30 % An	50-70 % Ab 30-50 % An	30-50 % Ab 50-70 % An	10-30 % Ab 70-90 % An	0-10 % Ab 90-100 % An
albit	oligoklas	andezín	labradorit	bytownit (čti „bajtaunit“)	anortit

Obrázek 41 – světlá část horniny je tvořena plagioklasovými vyrostlicemi, zatímco tmavá biotitem, augitem a amfibolem



Exponát č. 13 – čedičový sloupek

Hornina: čedič (bazalt)

Lokalita: Zlatý vrch

Zařazení: vulkanické magmatity

Čedič je hornina řazená mezi výlevné bazické vyvřeliny. Na rozdíl od žuly, která je typickým zástupcem hlubinných kyselých vyvřelin, vzniká utuhnutím blízko zemského povrchu či přímo na něm. Čedič je tvořen minerály vykazujícími zásaditou reakci.

Geologie horniny

Magma, ze kterého čediče vznikají, je díky svému minerálnímu obsahu značně **tekutější** (má **menší viskozitu**, tzn. menší vnitřní tření) než tzv. magma žulové. Díky tomu je magma o dost pohyblivější a tím pronikne za stejnou dobu mnohem **blíže k povrchu** (či až na povrch) než magma žulové. Proto **žuly** vznikají **hluboko** pod zemským povrchem, zatímco **čediče přímo pod povrchem nebo na povrchu**. Pro odhalení čedičových vyvřelin tedy není tak významná činnost vnějších geologických činitelů.

Čediče na zemském povrchu nacházíme v **mnoha podobách**. Nejčastěji se jedná o **čedičovou lávu**, která tvoří různé útvary od **lávových proudů** přes **lávové příkrovy** po **homole**. V některých případech se však jedná o zajímavější útvary, jako je tomu i u našeho exponátu. Tak jako tak je ale výskyt čediče ukazatelem toho, že se na místě výskytu dříve nacházely **činné sopky**.



Obrázek 42 — exponát č. 13

Všimněte si: Pokud se podíváte na exponát jako celek, uvidíte, že se jedná o sloupek se **šestiúhelníkovým půdorysem**. Tato tzv. **sloupcovitá odlučnost** je pro čediče specifická. Aby mohla vzniknout, nesmí se čedič dostat až na zemský povrch, neboť tam by příliš rychle utuhl a vznikala by čedičová láva. Každá sopka ale má tzv. **sopouch**. Jedná se o dutý válec, jímž je vedeno magma pod určitým tlakem až na povrch. Dokud je tlak dostatečně vysoký, magma proudí skrz sopouch, vylévá se na povrch a tam právě tuhne ve formě lávy. Jakmile tlak mírně poklesne, magma se již nemůže dostat až na povrch, ale udržuje se jeho stálá hladina uvnitř sopouchu. Statické magma v sopouchu je ze stran ochlazováno a tím vznikají typické **čedičové sloupce**. Samotná sloupcovitá odlučnost je dána vnitřní stavbou horniny, tzn. fyzikálními zákonitostmi uspořádání minerálů.

Všimněte si: Čedič je tvořen z **velice malých zrn minerálů**, které běžným okem nejste schopni od sebe odlišit a nepomohla by vám ani běžná botanická lupa. Takto vysoce jemnozrné horniny nazýváme horninami **celistvými**. Jednotlivé minerály mají mezi sebou velice pevné vazby, zjednodušeně můžeme říci, že čím je vazba kratší, jako v případě celistvých hornin, tím je pevnější. To v kombinaci s velice tvrdými minerály dělá z čediče jednu z nejtvrdších hornin vůbec. Proto byl čedič ceněn jako velice kvalitní stavební materiál, avšak dnes je používán hlavně k výrobě šterku

Mineralizace horniny

Jak bylo výše zmíněno, čediče jsou tvořeny z minerálů vykazujících **zásaditou reakci**. Jsou tedy, co se minerálního složení týče, odlišné od všech předchozích exponátů v geoparku – **neobsahují** totiž vůbec **křemen**. Základ horniny je tvořen **sodnovápenatým živcem** – **plagioklasem** společně s **pyroxeny**.

Dále obsahují tzv. minerály **skupiny živců** neboli **foidy** ze skupiny **tektosilikátů**. Běžným živcům jsou velice blízké, ovšem jsou ochuzeny o SiO_2 . Pokud je v magmatu obsaženo dostatečné množství SiO_2 , vzniká křemen a klasické živce typické pro kyselé magma. Pokud je ale v magmatu SiO_2 nedostatek, křemen nevzniká, klasické živce se tvoří jen v omezené míře, zbytek doplňují foidy. Množství SiO_2 je právě hlavním faktorem určujícím povahu magmatu – zdali bude kyselé či bazické. Konkrétními zástupci foidů jsou např. **analcim, nefelin či leucit**.

V čedičích foidy tvoří pouze malou část horniny. Hlavními minerály jsou výše zmíněný **plagioklas a pyroxeny**, které jsou dále doplněny o **amfibol a olivín** – ten je pro čedič z hlediska klasifikace horniny nejdůležitější.

Zajímavost: **Klasifikace vulkanických magmatitů** je mnohem náročnější než např. klasifikace hornin typu žula. Obtíže působí především celistvost horniny, která znemožňuje určování minerálů lupou a v některých případech i mikroskopem, v kombinaci s obrovskou variabilitou obsažených minerálů, kde i drobná nuance způsobí, že se jedná o jiný druh horniny. K určování se obvykle musí použít laboratorní analyzační metody, např. rentgenová difrakční analýza (XRD). Potíže s případnou klasifikací můžeme předvést na konkrétním příkladu: vycházejme z horniny klasifikované jako čedič (minerální složení berme jako tabu, bylo by zcela zbytečné zde zmiňovat konkrétní hodnoty). Při analýze však zjistíte, že procentuální obsah olivínu je o něco vyšší než u běžného čediče, a rázem máte horninu s názvem bazanit. V jiném případě jste proti běžné mineralizaci čediče zjistili vyšší obsah jednoho z foidů (konkrétně např. nefelinu) a hornina se tím pádem jmenuje nefelinit. Těchto příkladů bychom mohli uvést možná několik desítek.

Zajímavost: Olivín je jedním ze základních stavebních minerálů čediče. V některých případech se v čediči vyskytují kulovité útvary o průměru i několika decimetrů. Jedná se o uzavřeniny tzv. **peridotitů** neboli **olivínovců** – **monominerálních ultrabazických vyvřelin** pocházejících až ze **svrchní části zemského pláště** (stejně jako je tomu např. u **hadců**). Pokud v hornině nalézáme uzavřeniny jiné horniny, pak hovoříme o tzv. **xenolitech**.

Zajímavost: Možná jste již někdy slyšeli o tzv. **kamenných či čedičových varhanách**. Co si pod tímto pojmem představit? Nejedná se o hudební nástroj, nýbrž o poměrně vzácný geologický útvar – skálu tvořenou sloupky výlevných hornin, nejčastěji čediče. Vznik těchto útvarů jsme si již téměř úplně vysvětlili výše, ve všech případech se tedy jedná o úplně **nitro sopky** – lávové příkrovy byly již narušeny a denudovány vnějšími geologickými činiteli a z celé sopky zůstal jen onen **přírodní kanál magmatu – sopouch** – vyplněný čedičovými sloupky. Ke vzniku varhan pak už jen stačí, aby se sloupky začaly oddělovat, a tím vynikne „píšťalovitá“ stavba celého útvaru. Název varhany tedy pochází z pouhé vnější podobnosti vedle sebe uspořádaných sloupků s píšťalami varhan. Nejhezčím varhanám v Čechách však k jejich kráse **pomohl člověk**. Ten lomovou těžbou horniny „ukousal“ kus sopouchu a odhalil tím krásu těchto objektů. Bylo tomu tak i v případě nejznámějších čedičových varhan – **Panské skály u Kamenického Šenova** (viz obr. 43 a 44), kterou možná znáte z několika pohádek. Stejným způsobem získala svou krásu i lokalita, ze které pochází i náš exponát. Jedná se o **Zlatý vrch** (viz obr. 45) v Lužických horách, který se pyšní snad největšími varhanami v Čechách, některé sloupky zde totiž dosahují délky až třicet metrů!

- Mezi **tektosilikáty** řadíme minerály ze skupiny **křemičitanů**, které se nachází výhradně ve **výlevných (vulkanických) vyvřelinách**.
- **Pyroxen** je obecný název pro minerál ze skupiny pyroxenů, mezi které patří specifické **křemičitany** zvláštění svou vnitřní stavbou – např. augit, diopsid, ...
- **Denudaci** lze do češtiny přeložit jako **odnos**. Je způsobena **vnějšími geologickými činiteli** (převážně vodou a větrem) a má za následek odhalení hornin v podloží. Prakticky všechny hlubinné vyvřeliny vděčí denudaci za možnost výskytu na zemském povrchu.
- **Monominerální horniny** jsou tvořeny víceméně jen **jedním minerálem**. V případě **olivínovců** neboli **peridotitů** je jím, jak jinak, **olivín**, z dalších příkladů můžeme zmínit třeba **mramor** tvořený **kalcitem** či **biotitovec** tvořený **biotitem**.

Obrázek 43 – kamenné varhany Panská skála u Kamenického Šenova





Obrázek 44 – detail kamenných varhan Panská skála u Kamenického Šenova

Obrázek 45 – patrně největší kamenné varhany v ČR na Zlatém vrchu, odkud pochází i tento exponát





Průvodce Geoparkem Gymnázia Jírovцова

Petr Vaněk

Grafická úprava Petr Vaněk

Korekce RNDr. Petr Rajlich, CSc. PhD., Mgr. Jarmila Ichová

Vydalo Gymnázium, České Budějovice, Jírovцова 8

Jírovцова 1788/8, České Budějovice, 370 01

1. vydání, České Budějovice

2017

Kontakt na autora: geologie@hotmail.cz