

**M A S A R Y K O V A
U N I V E R Z I T A**

HORNINY A MINERÁLY NA BRNĚNSKÝCH ULICÍCH

**interdisciplinární exkurze
s využitím geocachingu**

Učební materiály k předmětu G5811

Mgr. Simona Krmíčková, Ph.D.

Mgr. Monika Kubernátová

doc. Mgr. Jan Cempírek, Ph.D.

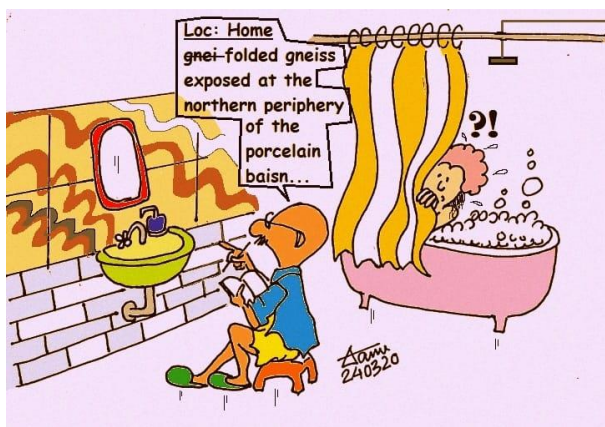
Brno 2024

Předmluva

Vážení studenti,

pokud právě čtete tyto řádky, budete pravděpodobně příznivci geologie, stavebnictví, architektury, historie nejen brněnských památek nebo geocachingu. To vše vám přináší předmět, který jste si zapsali – *Horniny a minerály na brněnských ulicích – interdisciplinární exkurze s využitím geocachingu*. Jestliže nepatříte ani do jedné z výše uvedených kategorií, pak se můžete těšit na spoustu nových poznatků, které se naučíte především zábavnou formou. Nebude vás přitom čekat pravidelné vysedávání v učebně ani učení na náročnou zkoušku. Zkrátka vyrazíte ven do ulic a s pomocí těchto skript budete řešit otázky a úkoly týkající se geologických materiálů, které byly použity k výstavbě brněnských pamětihodností, soch, dlažeb či dalších architektonických děl.

Exkurze je rozdělena do čtyř hlavních sekcí. V první úvodní části se podíváte do dvou geoparků, kde se seznámíte se základy geologie a s nejrůznějšími druhy hornin pocházejících z okolí Brna i ze vzdálenějších koutů České republiky. Jakmile dokončíte tuto základní průpravu, budete již připraveni vypravit se do brněnských ulic, kde na vás budou čekat celkem tři tematické okruhy věnované magmatickým, sedimentárním a metamorfovaným horninám použitých ve stavebnické praxi.



Tento předmět byl vytvořen v rámci interního rozvojového projektu *IRP 2021 2/A: Podpora online vzdělávání napříč všemi fakultami Masarykovy univerzity*. Jedná se tedy o distanční formu mezifakultního vzdělávání, přičemž se každý zúčastněný vzdělává individuálně hravou formou přímo v terénu. Jelikož je předmět určen všem nezávisle na studovaném oboru, skripta jsou sepsána jednoduchým stylem a použité odborné termíny jsou v textu vždy vysvětleny tak, aby je pochopil úplně každý vysokoškolský student. Pro snazší představu o stáří jednotlivých hornin je na začátku učebních materiálů připravena také zjednodušená geologická časová škála. Vše, co budete potřebovat k absolvování předmětu, najdete buďto v těchto skriptech, nebo přímo na místech, která v průběhu exkurze navštívíte. Pokud do dané problematiky budete chtít proniknout hlouběji, nebo vám přeci jen nebude něco jasné, nebojte se při vašem putování použít internet, popřípadě kontaktovat některého z vyučujících.

Časový průběh celé exkurze je pouze na vás. Můžete ji absolvovat zcela samostatně, nebo se domluvit se spolužáky a vypravte se na ni v menších skupinkách. A nezapomeňte si přečíst důležité instrukce na další straně!

Využijte krásného počasí, na jednotlivé okruhy si zvolte ideálně volnější den či půlden a vyrazte ven! Pevně věříme, že vás exkurze bude bavit a že se něco nového naučíte. Budeme se těšit na vaše odpovědi a terénní dokumentaci. A určitě nepracujte z domova, tak jako kolega na obrázku! 😊

Simona Krmíčková

Monika Kubernátová

Jan Cempírek

Pokyny k absolvování předmětu

Podmínky pro splnění

Podmínkou k udělení zápočtu je odevzdání vyplněných pracovních listů ke všem tematickým okruhům a příslušné fotodokumentace z navštívených míst. Vypracovanou dokumentaci odevzdá každý student sám za sebe do odevzdávnice na základě závěrečných pokynů, které obdrží po absolvování celé trasy. Nejzazší termín pro splnění je stanoven na poslední den zkouškového období daného semestru.

Průběh plnění

Na začátku každý dostane k dispozici učební materiály, pracovní list k prvnímu úvodnímu okruhu a zaheslovaný soubor ZIP. Pracovní list obsahuje kromě teoretických a praktických otázek a fotoúkolů také speciální úkoly pro získání hesla k odemčení souboru, který vždy ukrývá pracovní list k okruhu následujícímu. Hesla se skládají z náhodné kombinace písmen a čísel. Při zadávání hesla vždy používejte všechna písmena malá. Pro přehled je na konci každého pracovního listu uvedena tabulka, do které budete postupně heslo poskládat. Nezapomeňte při psaní vašich poznámek k heslu řádně rozlišit nulu a písmeno „o“!

Vybavení na cestu

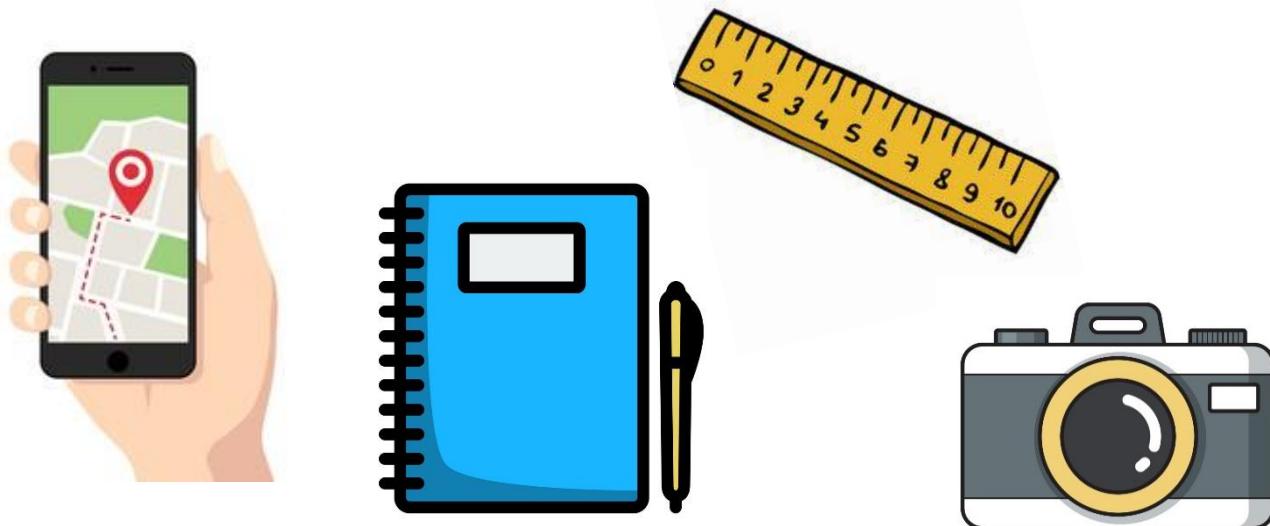
Na trase se budete pohybovat podle adresy nebo zeměpisných souřadnic uvedených ke každé lokalitě v těchto učebních materiálech i v pracovních listech. Doporučujeme tedy se vybavit **navigační mobilní aplikací** (např. Mapy.cz nebo Google Maps), popřípadě klasickou navigací GPS.

Do terénu si s sebou vezměte také tato **skripta**, která si předem vytisknete společně s **pracovními listy**, popřípadě si je stáhněte do mobilního telefonu či tabletu, abyste je měli vždy po ruce. Pracovní listy je nutné si vždy tisknout postupně a poté je ručně vyplňovat přímo na daném místě. Doporučujeme si také vzít desky nebo podložku, aby se vám lépe psalo.

Další nezbytnou pomůckou do terénu potřebnou k plnění některých úkolů je **měřítko** s přesností na milimetry (postačí klasické pravítko).

Nezapomeňte si vzít také **fotoaparát** nebo mobilní telefon s fotoaparátem. Pokud vlastníte selfie-tyč, může se vám též hodit.

A nakonec vám nesmí chybět dobrá nálada. Přejeme hodně štěstí a spoustu zábavy!



Geologická časová škála

eon	éra	perioda	p ♦
fanerozoikum	kenozoikum	kvartér (čtvrtohory)	3
		neogén	23
		paleogén	66
	mezozoikum (druhohory)	křída	145
		jura	201
		trias	252
	paleozoikum (prvohory)	perm	299
		karbon	359
		devon	419
		silur	443
		ordovik	485
		kambrium	541
proterozoikum (starohory)			2500
archaikum (prahory)			4000
hadaikum			4600

Označení jednotlivých geologických období od vzniku Země až po současnost.

P – počátek období v milionech let před současností.

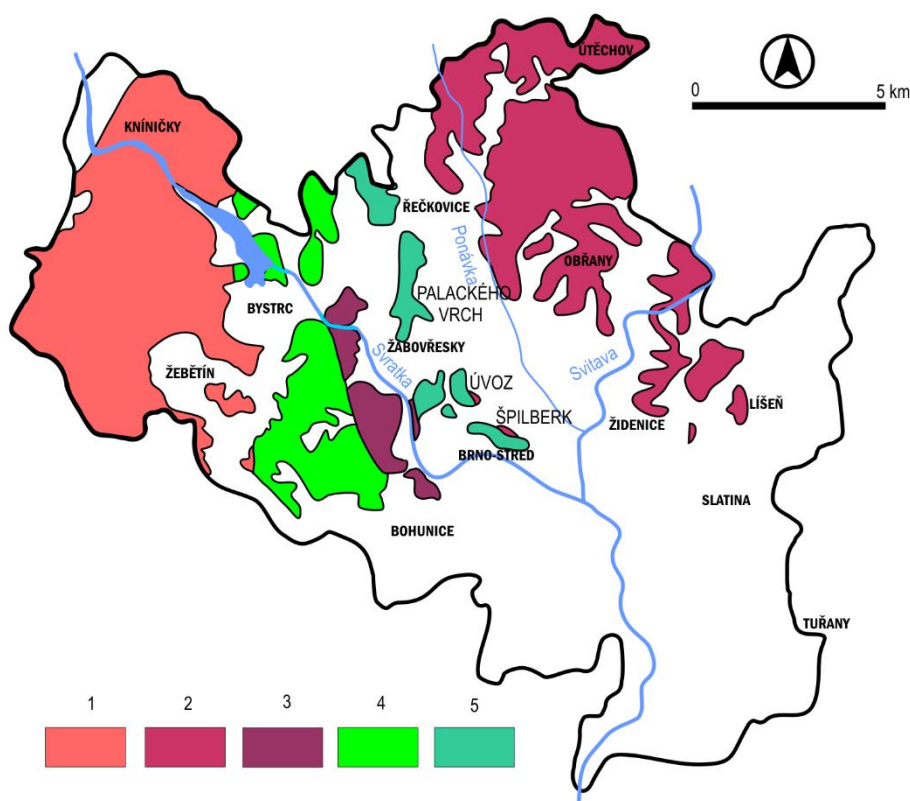
Pozn.: neogén a paleogén jsou souhrnně označovány jako třetihory.

OKRUH 1A: Horniny brněnského masivu a Moravského krasu

Lokalita: prostranství před budovou České geologické služby, Leitnerova 22, Brno

Souřadnice: N 49°11,418', E 16°36,155'

V předzahrádce brněnské pobočky České geologické služby se nachází expozice 10 ukázek hornin, které pocházejí z blízkého okolí města Brna. Jedná se zejména o magmatické a metamorfované horniny brněnského masivu, který tvoří geologické podloží Brna, a o sedimentární horniny, které brněnský masiv pokrývají. Exponáty hornin je možné si z dostatečné vzdálenosti prohlédnout z chodníku, není nutné přelézat oplocení předzahrádky.



Rozmístění starohorních hornin brněnského masivu na území města Brna. 1 – západní granitoidní zóna; 2 – východní granitoidní zóna; 3 – granitoidy typu Jundrov; 4 a 5 – metabazitová zóna (4 – metadiority; 5 – metabazalty).

Brněnský masiv představuje významnou součást plošně rozsáhlého geologického celku, který se označuje jako brunovistulikum. Horniny brunovistulika vznikly již ve starohorách (proterozoiku) a tvoří geologické podloží oblasti od severovýchodního Rakouska, přes Moravu a Slezsko až po řeku Vislu v polské části Hornoslezské pánve. Název této jednotky vznikl spojením latinských jmen *Bruna* – Brno a *Vistula* – Visla. Většina brunovistulika je však překryta sedimenty, které byly na území nasunuty během alpinského vrásnění ve třetihorách. Unikátnost brněnského masivu spočívá v tom, že je to jedna z mála oblastí, kde horniny brunovistulika vystupují na povrch.

Brněnský masiv lze rozdělit na tři části, a to západní granitoidní zónu, východní granitoidní zónu a metabazitovou zónu, která od sebe oba granitoidní komplexy odděluje. Západní i východní granitoidní zóna je tvořena přibližně 600 miliónů let starými hlubinnými magmatickými horninami – především granity, granodiority a diority. Všechny tyto horniny, označované souhrnně jako granitoidy, jsou tvořeny zejména křemenem a živci. Z tmavých minerálů převažují amfiboly a tmavé slídy (biotit). Jednotlivé horninové typy se navzájem liší množstvím křemene, respektive obsahem SiO_2 . Hlavní rozdíl mezi granitoidy západní a východní granitoidní zóny spočívá v jejich

vzniku a chemickém složení. Zatímco hliníkem bohaté horniny západní granitoidní zóny vznikly převážně tavením starší kontinentální kůry tvořené metamorfovanými a sedimentárními horninami, granitoidy východní granitoidní zóny se zformovaly tavením jiných magmatických hornin a obsahují méně hliníku a více alkálií (sodíku a vápníku).



Granodiorit z východní granitoidní zóny odebraný v opuštěném lomu v Jehnicích.

Metabazitová zóna je tvořena především dvěma typy metamorfovaných hornin – metadiority a metabazalty. Metadiority, respektive původní nemetamorfované diority vznikly přibližně před 650 milióny lety při magmatické aktivitě na styku dvou oceánských litosférických desek. Docházelo zde k podsouvání jedné desky pod druhou (tzv. subdukce), k jejich natavení a vzniku sopečného ostrovního oblouku (současný analog je například Japonsko). Metabazalty jsou staré přibližně 730 miliónů let, kdy v oceánském prostředí docházelo k podmořskému vulkanismu a vznikaly výlevné horniny (čediče neboli bazalty), které dnes v přeměněné (metamorfované) podobě tvoří pruh procházející centrem Brna (nejvýznamnější lokality – polštářové lávy na Špilberku a pod Petrovem). Jedná se o nejstarší doložené projevy vulkanické činnosti nejen v Brně a okolí, ale i na celém území České republiky.



Metamorfované polštářové lávy (metabazalty) jako součást zdi v hradním příkopu pod Špilberkem.

Na přelomu starohor a prvohor, kdy již hlavní magmatická aktivita ustala a granitické horniny brněnského masivu byly již utuhlé, docházelo vlivem eroze k jejich rozrušování, odnosu a následném usazování materiálu v podobě slepenců. Jejich výchozy lze na Brněnsku pozorovat například na Červeném a Žlutém kopci, v okolí Hádů nebo na Babím lomu u Lelekovic.



Slepencová skála Helgoland na Žlutém kopci v Brně (foto Pavel Samuel).

Ve starších prvohorách (v devonu, tj. před 419–359 milióny lety) se na území dnešního Brněnska nacházelo teplé a mělké moře, ve kterém se ukládaly zejména korálové vápence. Ty dnes tvoří významný plošně rozsáhlý sedimentární pokryv, který se táhne od Hádů až po Moravský kras.



Kamenolom Hády v Brně-Líšni, kde se v minulosti těžil korálový vápenec.

V mladších prvohorách (v karbonu, tj. před 359–299 milióny lety) zde bylo opět mořské prostředí, ve kterém se ukládaly slepence, droby a břidlice, souhrnně označované jako tzv. kulmské sedimenty. Jejich výchozy se dnes nacházejí především v Dražanské vrchovině. Prvohorní sedimentace byla završena na konci karbonu a v permu (před 299–252 milióny lety), kdy v okolí dnešního Brna panovalo kontinentální prostředí, ve kterém se usazovaly načervenalé pískovce, arkózy a slepence Boskovické brázdy.

1) Křemenný slepenec

Lokalita původu: Babí lom u Lelekovic

Na východní část brněnského masivu nasedají relativně rozšířené mocné vrstvy načervenalých slepenců tvořených výhradně valouny křemene. Tyto sedimenty bývají typicky označovány jako „bazální klastika“, neboť leží v podloží devonských vápenců a nasedají přímo na podložní horniny brunovistulika. Zejména ve starší literatuře bývá stáří těchto slepenců považováno za devonské (starší prvohory, před 419–359 milióny lety), a to na základě výskytu fosílií v nadložních vápencích. Nejnovější výzkumy ale přinesly datování, které ukazuje na jejich vznik již v období před 600–550 milióny lety, tedy relativně krátce po utuhnutí podložních granitoidních hornin.

Na významné lokalitě Babí lom křemenné pískovce vytvářejí svisle vztyčené vrstvy, které se do této atypické pozice dostaly během vzájemného oddalování západní a

Stáří: starohory (proterozoikum)

východní granitoidní zóny brněnského masivu. Samotné křemenné valouny pak pocházejí právě z erodovaných okrajových částí těchto granitických těles.



Prostředí vzniku křemenných slepenců není doposud zcela jednoznačné. Někteří autoři se domnívají, že k jejich uložení došlo v suchém pouštním klimatu, jiné výzkumy zase naznačují vliv mělkého moře na vznik těchto sedimentů.

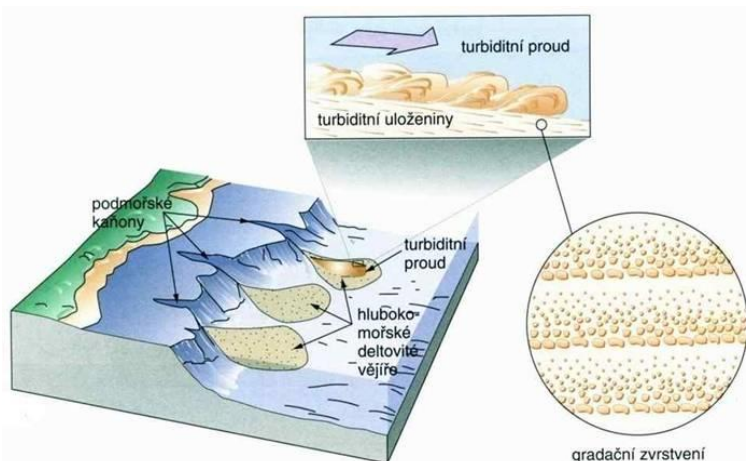
2) Lulečský slepenec

Lokalita původu: Luleč u Vyškova

Stáří: mladší prvohory (karbon)

Lulečské slepence společně s drobami a břidlicemi náleží do skupiny sedimentů označovaných jako kulm (flyš) Dražanské vrchoviny. Tyto sedimenty vznikly usazením erodovaného horninového materiálu na dně hlubokomořské pánve, která se nacházela při okraji (v předpolí) vyvrásněného variského pohoří. V důsledku turbulentního proudění na úbočích příkrých podmořských svahů docházelo k rytmičsky střídavému ukládání různých zrnitostních frakcí, přičemž slepenec je řazen mezi frakce nejvíce hrubozrnné, břidlice jsou naopak nejjemnozrnnější.

Lulečské slepence jsou tvořeny valounovým materiálem převážně z metamorfovaných hornin (například granulity, ruly či kvarcity) pocházejících z moldanubika



(geologická oblast jižních Čech, pojmenovaná podle německého *Moldau* – Vltava a anglického *Danube* – Dunaj), objevují se ale také valouny hornin magmatických (například granity, ryolity či tmavé syenity neboli durbachity). Jsou středně až hrubě zrnité, největší valouny mohou dosahovat průměru až 2 m.

3) Křtinský vápenec

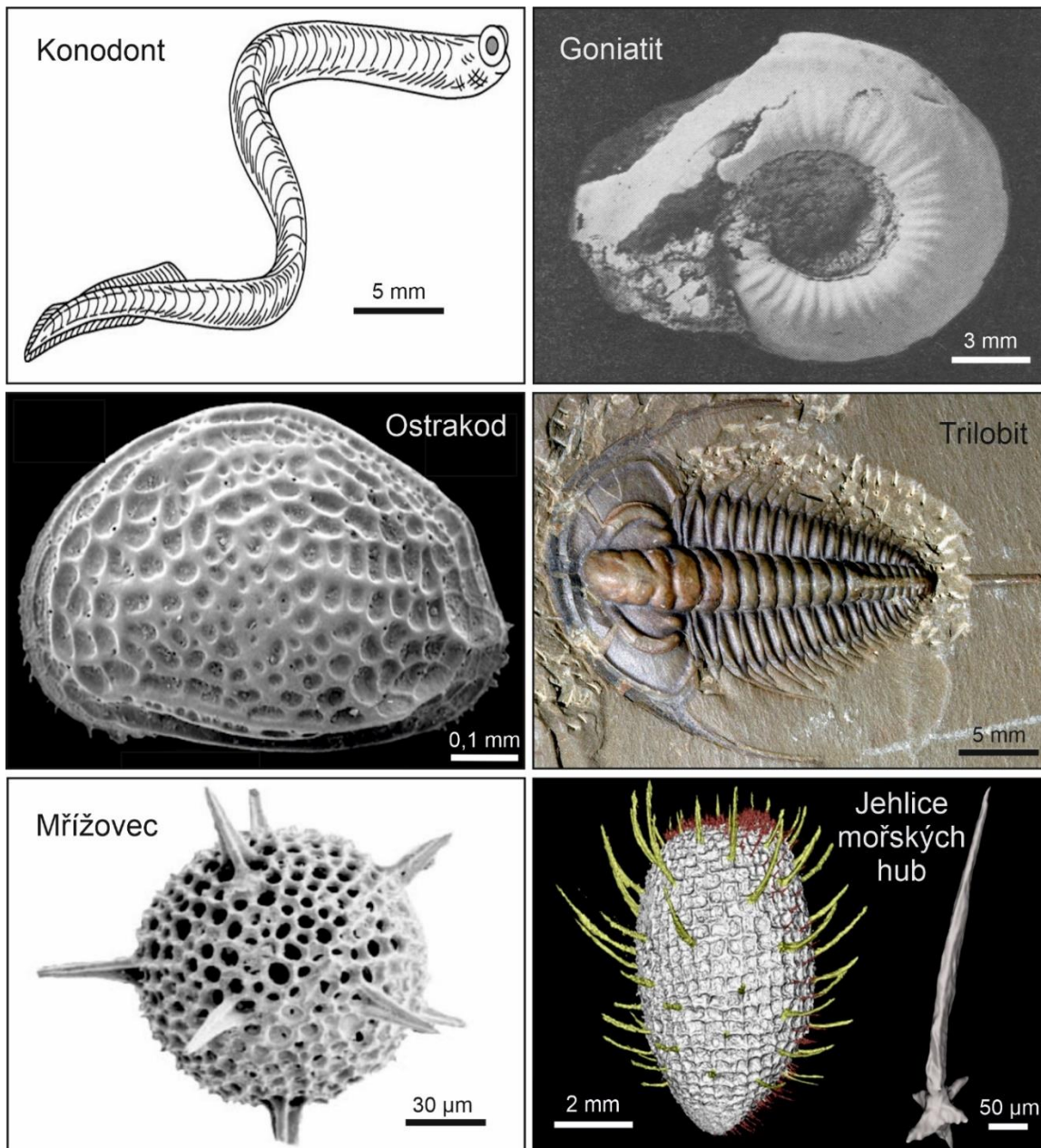
Lokalita původu: Jedovnice

Stáří: starší prvohory (devon)

Křtinské vápence jsou dalším typem mělkovodních mořských sedimentů zastoupených v Moravském krasu. Jsou hlíznaté a velmi jemnozrnné (mikritové). Vyznačují se načervenalou barvou způsobenou podílem jílových složek s obsahem železa (hematit a jílový minerál illit) a jsou tvořeny bohatě zastoupenými fosilními zbytky organismů, například konodontů, goniátů, ostrakodů, trilobitů, mřížovců (mořští prvoci) či jehlicemi mořských hub.



Naleštěný vzorek křtinského vápence (foto SP minerals).



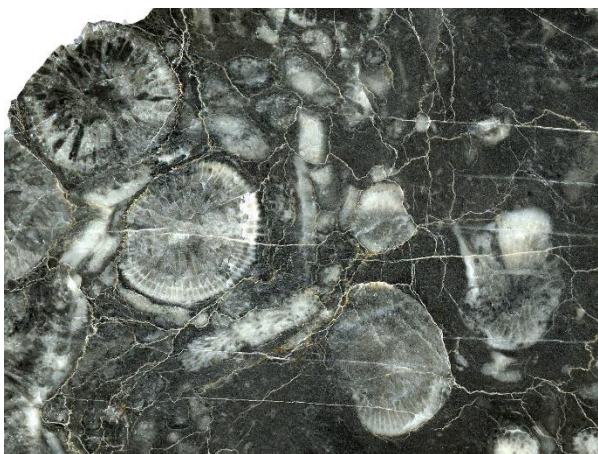
4) Vilémovický vápenec

Lokalita původu: Čebín u Tišnova

Vilémovické vápence představují mělkovodní sedimenty usazené v prostředí teplého moře. Byly vytvořeny nahromaděním a zpevněním organického materiálu korálového útesu. Mají šedou

Stáří: starší prvohory (devon)

barvu, jsou velmi jemnozrnné a kompaktní, místy s výskytem viditelných fosilních korálů či jiných drobných organismů.



Naleštěný vzorek vilémovického vápence s fosíliemi korálů (foto SP minerals).

Pro vilémovické vápence je velmi typická přítomnost krasových jevů, například tvorba závrťů, škrapů a propastí (například Macocha). V Brně je lze spatřit v bývalém kamenolomu Hády, ale největší výskyt je

vázán na oblast Moravského krasu. Ojedinelé izolované čočky vilémovického vápence se nacházejí i na vzdálenějších lokalitách od Brna, jako je tomu v případě vystaveného exponátu, odebraného v aktivním kamenolomu na vrchu Čebínka.



Kamenolom na vilémovický vápenec na kopci Čebínka (foto Jan Kužel).

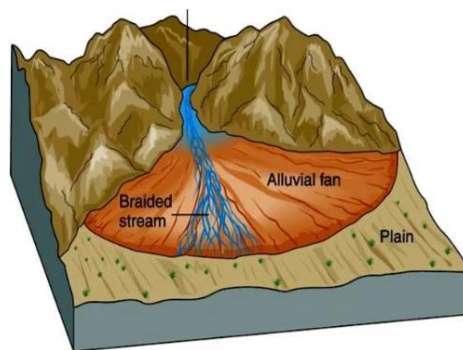
5) Balinský (balínský) slepenec

Lokalita původu: Vsechovice u Tišnova

Stáří: mladší prvohory (karbon až perm)

Na konci prvohor v závěrečné fázi hercynského vrásnění docházelo na pomezí brunovistulika a moldanubika k vytváření úzkých příkopových struktur. Následně se zde usazovaly kontinentální sedimenty zastoupené načervenalými pískovci, slepenci, arkózami a brekciemi. Dnes tuto oblast označujeme pojmem Boskovická brázda.

Balinské slepence jsou příklady permokarbonských sedimentů Boskovické brázdy, jejichž valouny pocházejí z erodovaných magmatických hornin moldanubika a metamorfovaných hornin moravika (metamorfované ekvivalenty granitických hornin brunovistulika vystupující zejména v okolí Tišnova a Velké Bíteše). Místy mohou obsahovat také ostrohranné úlomky kulmských drob



z Drahanské vrchoviny. Nahromaděný materiál byl unášen vodním tokem a usadil se v podobě aluviálního (náplavového) kužele v místě, kde řeka dosáhla rovinatého dna příkopové propadliny a ztratila tak svou energii k dalšímu transportu valounů. Vzhledem ke špatné vytríděnosti slepence, tedy celé škále horninových typů tvořících různě velké valouny, lze usuzovat na relativně krátký transport materiálu.

Hornina má šedou, červenohnědou až žlutohnědou barvu a valouny středních velikostí (v průměru 2–8 cm, ne větší než 15

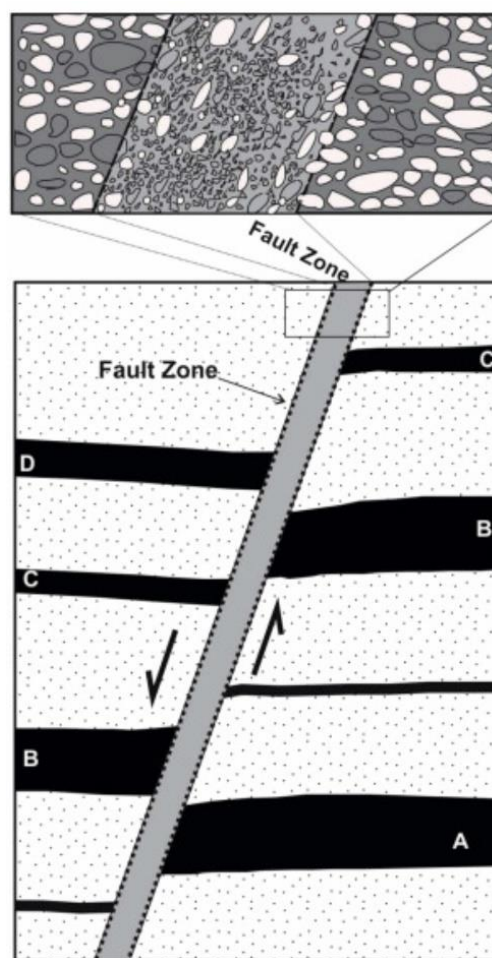
cm) jsou stmeleny hrubozrnným tmelem arkózového složení (pískovec s vysokým podílem živců).

6) Kataklazovaný granodiorit

Lokalita původu: Šebrov u Blanska

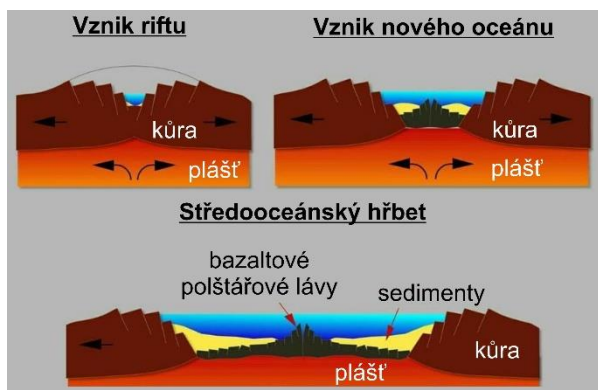
Stáří: starohory (proterozoikum)

V některých částech východní granitoidní zóny brněnského masivu došlo k tektonickému poškození granodioritů, které se označuje termínem „katakláza“. Katakláza obvykle nastává během střížného pohybu na zlomech, kdy dochází k mechanickému drcení hornin v pevném stavu (bez natavení) v důsledku vysokého stupně tření. Projevuje se deformací tvaru minerálních zrn, aniž by však docházelo k zásadním chemickým změnám. Usměrněná orientace kataklazovaných krystalů naznačuje směr pohybu horninových bloků podél zlomu (anglicky *fault* – viz obrázek). Ne vždy lze ale kataklázu na první pohled v hornině rozeznat. Při pohledu do mikroskopu lze kataklastické porušení pozorovat například v podobě sítě trhlin prostupující jednotlivá minerální zrna. Kataklastické poruchy v hornině fungují jako místa oslabení, která jsou náchylnější k alteraci (lokální změna chemického složení například v důsledku působení prostupující vody).



7) Metabazalt

Lokalita původu: Bukovec u Blanska



Metabazalty tvořící východní část metabazitové zóny brněnského masivu jsou staré přibližně 730 miliónů let a jedná se tak o nejstarší doložené produkty vulkanické činnosti v Českém masivu. Jejich vznik je vázán na vulkanismus mořského dna, ke kterému docházelo v důsledku rozpadu prakontinentu Rodinie. V důsledku pohybu litosférických desek byla vytvořena obrovská trhлина v zemské kůře, která byla zaplavována mořskou vodou, zatímco okraje pevniny se od sebe postupně oddalovaly a vytvářely nově vzniklé

Stáří: starohory (proterozoikum)

samostatné kontinenty. Zároveň touto trhlinou stoupalo magma pocházející z roztaveného zemského pláště, které při styku s mořskou vodou utuhlo v podobě bazaltových polštářových láv. Tyto lávy dnes v metamorfované podobě nacházíme v severojižně orientovaného pruhu, který mimo jiné prochází i samotným centrem Brna.

Metabazalt je tmavě nazelenale šedá jemnozrnná hornina, která může vzácně obsahovat i zachovalé mandle vzniklé sekundární minerální výplní lávových bublin. Minerální složení původního bazaltu bylo při metamorfních procesech pozměněno. Metabazalt je tvořen tmavými minerály ze skupiny chloritu, epidotu a amfibolu (aktinolit a hornblend), které dodávají hornině nazelenalý odstín. Ze světlých minerálů dominují sodné živce (albit) a v menším množství se objevuje také křemen a kalcit.

8) Aplit v biotitickém granodioritu

Lokalita původu: Dolní Kounice

Kromě granodioritu a dioritu byl v kamenolomu Dolní Kounice odkryt také výskyt žilné magmatické horniny označované jako aplit. Vmístění aplitického magmatu je vázáno na tektonické poruchy v okolních horninách. Jemnozrnné, světle narůžovělé žíly aplitu četne pronikají okolními diority i granodiority a jejich kontakt je poměrně ostrý.

Stáří: starohory (proterozoikum)



Na lokalitě v Dolních Kounicích jsou běžné mocnosti aplitových žil v řádech centimetrů, nejvýraznější žíla zastižená v kamenolomu dosahovala mocnosti dokonce až 25 cm. Délka žil se pohybuje řádově až v desítkách metrů.

Na rozdíl od okolních granitoidů aplit neobsahuje ve větším množství tmavé

minerály, nýbrž je složen výhradně z křemene, draselných živců (ortoklas a mikroklin) a sodných živců (albit). Tmavé minerály jako například granáty, světlá slída (muskovit)* nebo zelený epidot se v aplitu mohou objevit pouze vzácně.

* Ačkoliv má muskovit světlou barvu, systematicky se řadí mezi tmavé minerály.

9) Diorit s proniky granodioritu

Lokalita původu: Dolní Kounice

Kamenolom v Dolních Kounicích odkrývá zajímavý fenomén výskytu uzavřenin (enkláv) tmavě šedých dioritů ve světle narůžověle šedých granodioritech západní granitoidní zóny brněnského masivu. Enklávy vznikají při míšení dvou typů magmat, kdy bazičtější dioritové magma v menším objemu relativně rychle utuhne v rámci kyselejšího granodioritového magmatu a vytvoří v něm samostatné, obvykle vejčitě zaoblené útvary různých velikostí. Směr protažení tmavých dioritových enkláv indikuje směr pohybu magmatu před jeho utuhnutím. Tento jev je v granitoidech brněnského masivu poměrně běžný.

Lokalita Dolní Kounice odkrývá dioritovou enklávu velkých rozměrů (řádově v desítkách metrů), přičemž je zde diorit dokonce samostatně těžen na kamenivo určené ke stavebním účelům. Mnohem častější jsou ale v brněnském masivu výskyty drobnějších, řádově centimetrových a decimetrových enkláv, které jsou pro svou estetičnost často využívány pro výrobu světlých dlaždic s tmavými skvrnami.

Stáří: starohory (proterozoikum)



Kamenolom na granodiorit a diorit v Dolních Kounicích (foto Univerzita Palackého v Olomouci).

Obě horniny mají podobnou minerální skladbu, avšak liší se jejich objemové zastoupení. Diorit je ve srovnání s okolním granodioritem jemnozrnnější, neboť magma utuhlo rychleji a minerály neměly dostatek času vykristalizovat do větších velikostí. Na první pohled tmavší diorit obsahuje větší podíl tmavých minerálů, zejména amfibolů a tmavé slídy – biotitu. Křemen a živce zase převažují v granodioritu, což se kromě světlejšího zbarvení projevuje také jeho vyšší kyselostí, respektive zvýšeným obsahem SiO_2 .

10) Pegmatit v biotitické rule

Lokalita původu: Omice u Rosic

Biotitická pararula pocházející z lokality Omice vznikla metamorfní přeměnou sedimentárních hornin během kadomského vrásnění, kdy došlo k nasunutí příkrovů moldanubika přes západní okraj brunovistulika. O vysokém stupni metamorfózy svědčí částečné natavení horniny (tzv. migmatizace), kdy se od sebe navzájem odděluje roztavená část tvořená převážně světlými minerály a neroztavená část s dominancí tmavých minerálů, a vzniká charakteristická páskovaná textura. Hornina je tvořena především křemenem, živci a slídami (biotitem a muskovitem), v menším množství také obsahuje metamorfní hliníkem bohaté minerály, jako jsou granáty, cordierit, sillimanit nebo kyanit (Al_2SiO_5 – nemá nic společného s jedovatým kyanidem KCN; název minerálu je odvozen z řeckého *kyanos* – modrý).

Pararula je prorážena mladší žílou světlé magmatické horniny označované jako pegmatit. Je tvořený převážně křemenem a živci, v menší míře může obsahovat také slídy, sloupečkovité krystaly turmalínu

Stáří: starohory (proterozoikum)



Ukázka pegmatitových žil pronikajících okolním horninovým masivem (foto Learning Geology).

a hliníkem bohaté granáty a andalusit. Pegmatit obecně vzniká ze zbytkové taveniny po vykrystalizování magmatické horniny. Zabudovává do sebe chemické prvky, které nevstoupily do běžných horninotvorných minerálů magmatických hornin. Jelikož zbytkové magma tvoří obvykle pouze menší objemy, ve většině případů nevznikají větší samostatná pegmatitová tělesa, ale tavenina proniká okolními horninami a vyplňuje jejich trhliny za vzniku žilných těles.

OKRUH 1B: Horniny Českého masivu

Lokalita: areál Přírodovědecké fakulty Masarykovy univerzity, Kotlářská 2, Brno

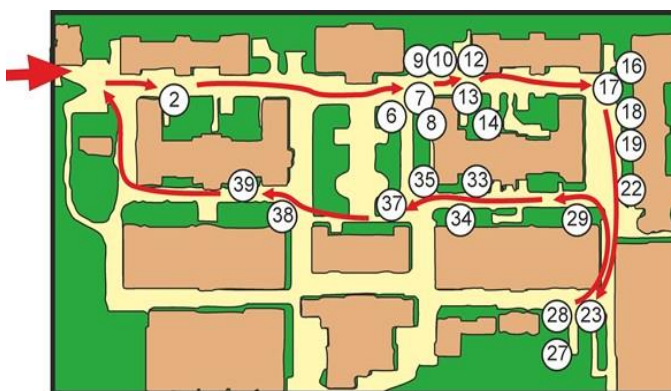
Souřadnice: N 49°12,305', E 16°35,838'

Celkem 24 exponátů hornin pocházejících z celé oblasti Českého masivu je možné si prohlédnout v Geoparku Přírodovědecké fakulty Masarykovy univerzity na ulici Kotlářská. Jednotlivé exponáty jsou nepravidelně rozmístěny po celém areálu fakulty a demonstrují nejen odlišné horninové typy, které se na území Českého masivu nacházejí, ale také na nich lze pozorovat různé geologické jevy a zajímavé strukturní fenomény.

Každému exponátu v areálu náleží očíslovaná tabulka s podrobnými informacemi o typu, stáří a původu horniny, a také o jevech, které na něm lze spatřit. Čísla nejsou seřazena kontinuálně, např. exponát č. 1 nebo č. 20 byste prozatím hledali marně. Chybějící čísla budou postupem času doplňována o nové ukázky

hornin. Do budoucna je v geoparku plánován celkový počet 40 exponátů.

Pro účely splnění úkolů k tomuto předmětu byly vybrány pouze ty zajímavější exponáty, nicméně v učebních materiálech pro zajímavost ponecháme všechny. Ke snazší orientaci v geoparku pomůže přiložená mapka a následující přehled exponátů.



2) Nerovnoměrně vyvětralý erlán

Lokalita původu: Petrovice u Nového Města na Moravě

Stáří: starší prvohory (devon)

Erlán je metamorfovaná vápenato-silikátová hornina, která vznikla teplotně-tlakovou přeměnou (metamorfózou) vápenců, obsahujících kromě základního horninotvorného minerálu kalcitu (CaCO_3 – uhličitán vápenatý) také příměsi silikátových minerálů, například křemene (SiO_2) nebo jílových minerálů. Odlišné teplotní a tlakové podmínky během metamorfózy zapříčinily nestabilitu původních minerálů a následnou změnu

jejich chemického složení, přičemž došlo ke vzniku zcela nových minerálů tvořených jak vápníkem (z kalcitu), tak i křemíkem (ze silikátů). Mezi typické minerály erlánu patří například vápníkem bohatý živec (plagioklas) označovaný jako anortit ($\text{CaAl}_2\text{Si}_2\text{O}_8$) nebo světle zelený minerál ze skupiny pyroxenů označovaný jako diopsid ($\text{CaMgSi}_2\text{O}_6$).

Pro metamorfované horniny je obecně charakteristické nerovnoměrně uspořádané rozmístění jednotlivých minerálů, a to zejména v důsledku odlišné intenzity působení tlaku v různých směrech. Minerály přeměněných hornin tak často tvoří specifické polohy (např. pásy nebo skvrny) nejrozličnějších tvarů a velikostí.

Každý minerál má odlišnou odolnost vůči zvětrávání, což je dáno jednak jeho chemickým složením, jednak uspořádáním atomů v jeho struktuře. U vystaveného exponátu erlánu lze pozorovat selektivní vyvětrávání poloh s méně odolnými minerály (například kalcit) za vzniku drobných dutinek v hornině, zatímco

stabilní minerály (například křemen nebo živce) vytvářejí okolní vystouplé části. Výsledek selektivního zvětrávání různých minerálů se tak projevuje výraznější skulptací povrchu erlánu.



6) Acháty v lávových bublinách

Lokalita původu:

- bazaltický andezit/mandlovec (a) – Bezděčín u Semil
- bazanit (b) – Smrčí u Semil

Exponát sestává ze dvou typů vulkanických hornin s odlišným chemismem a stářím. Zatímco mladší bazanit se vyznačuje přítomností četných dutinek a působí tak napěněným dojmem, starší bazaltický andezit má tyto dutinky vyplněné mladší sekundární mineralizací.

Vulkanické horniny obecně vznikají z taveniny pocházející ze zemského pláště, která se označuje jako magma. Dojde-li k výlevu magmatu na zemský povrch, označuje se pak tavenina jako láva. Magma v sobě obsahuje určité množství rozpuštěných plynných látek. Jakmile nastane výlev lávy na povrch, rozpuštěné plyny z taveniny unikají v podobě bublin,

Stáří:

- bazaltický andezit/mandlovec (a) – mladší prvohory (perm)
- bazanit (b) – mladší třetihory (neogén)

kteřé se mohou po utuhnutí lávy projevit přítomností různě velkých dutin v nově vzniklé hornině. Tyto dutiny mohou být následně vyplněny sekundární mineralizací, která vzniká vykrystalizováním z horkých roztoků (tzv. hydrotermálních fluid) uvolněných z magmatu. V závislosti na chemickém složení pronikajících fluid se může nejčastěji jednat o kalcit (CaCO_3) nebo o amorfní (nekrystalické) formy křemene (SiO_2), označované jako chalcedon nebo achát. Minerální výplně dutin mohou svým tvarem připomínat mandle, proto se vulkanickým horninám svýplní bublin někdy lidově říká „mandlovce“. Často se setkáváme také se starším označením

melafyry“. Achátové mandle ve vzorku bazaltického andezitu (a) se vyznačují přítomností zeleného lemu tvořeného minerály ze skupiny chloritu, které vznikly rozkladem okolní horniny působením hydrotermálních fluid.

Na obou exponátech lze také pozorovat charakteristické protažení bublin a mandlí, které vypovídá o směru a intenzitě proudění lávy v závěrečné fázi jejího tuhnutí. Čím rychleji se láva pohybovala, tím více jsou vzniklé dutiny protažené ve směru pohybu lávy. Naopak v případě minimálně pohyblivé lávy se setkáváme spíše s kulovitým tvarem dutin bez výraznější přednostní orientace.



Ukázka bublin v proplyněné lávě před jejím utuhnutím (foto St. Lawrence University).

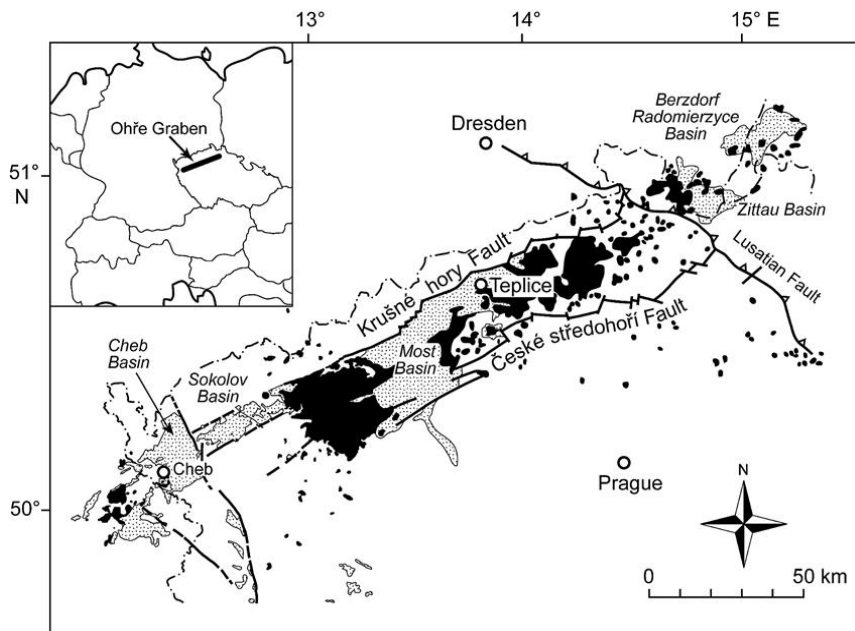
7) Čedičový sloupec

Lokalita původu: Dobkovičky u Lovosic

Stáří: starší třetihory (paleogén)

Čedič neboli bazalt je jednou z nejběžnějších vulkanických hornin vyznačující se tmavě šedočernou barvou a velmi jemnozrnnou strukturou. Bazalt je tvořen především tmavými minerály ze skupiny pyroxenů a v menším množství také olivínem, ze světlých minerálů pak dominují minerály ze skupiny živců (plagioklasy) a jejich bazičtější zástupci ze skupiny foidů (nejčastěji nefelín).

Bazalty vznikají částečným (parciálním) tavením zemského pláště, jehož složení odpovídá hornině tvořené olivínem a pyroxenem – tzv. peridotit lherzolitového typu. K tomu dochází při roztahování (extenzi) zemské kůry spojeném se vznikem riftových oblastí (v Českém masivu se jedná



o Ohárecký rift, který má průběh cca od Chebu, přes Lovosice, až po Zittau v Německu). V oblasti extenze kůry vzniká příkopová propadlina, která je doprovázena pasivním vyklenutím zemského pláště. To způsobí prudké snížení tlaku v plášťovém materiálu při nízkých teplotních změnách a

nastává tzv. dekompresní tavení. Takto vzniklá tavenina si vytvoří přírodní dráhu v oslabených místech (podél zlomů) příkopové propadliny a vystupuje směrem k povrchu Země, kde utuhne v podobě bazaltové horniny. Bazaltové magma někdy

může vynést k povrchu pozůstatky neroztaveného zemského pláště, které lze nalézt v podobě tzv. plášťových xenolitů, což jsou nejčastěji kulovité či vejčité útvary typicky zelené barvy, obsahující olivín a pyroxeny.

8) Kamenné varhany

Lokalita původu:

- Panská skála u Kamenického Šenova (a)
- Smrčí u Semil (b)
- Mezina u Bruntálu (c)

Stáří:

- a – starší třetihory (paleogén)
- b – mladší třetihory (neogén)
- c – starší čtvrtohory (pleistocén)

Kamenné varhany jsou tvořeny vulkanickou horninou bazanitem, který vzniká podobně jako bazalt parciálním tavením plášťového lherzolitu. Stupeň natavení zemského pláště je ale v případě bazanitu nižší, a proto oproti bazaltu obsahuje větší podíl olivínu.

Při chladnutí se láva v důsledku tepelné roztažnosti smršťuje a dochází k popraskání povrchu lávového tělesa do pěti- až sedmibokých polygonů, což jsou v přírodě energeticky nejvýhodnější tvary. Směrem do hloubky lávového tělesa, kolmo k ploše chladnutí, pak postupně proniká síť puklin navazujících na povrchové polygony a vznikají tak charakteristické pěti- až sedmiboké sloupce. Tento jev se označuje jako sloupcovitá odlučnost. Asi nejznámější českou lokalitou kamenných varhan je Panská skála u Kamenického Šenova, kterou proslavila pohádka Pyšná princezna.



Pukliny při chladnutí lávy nepostupují plynule, nýbrž ve skocích. To se projevuje typickým příčným rýhováním na jednotlivých sloupcích. Podle orientace sloupců a zaoblení na příčných spojích lze určit, kterým směrem láva chladla. Vertikálně orientované sloupce ukazují na vodorovně umístěné lávové těleso, zatímco horizontálně uložené sloupce indikují boční chladnutí vertikálně orientovaných žilných těles.

9) Raci z křídového moře

Lokalita původu: Benátky u Litomyšle

V období mladších druhohor označovaném jako křída (před 145–66 milióny lety) byla severní část Českého masivu zaplavena relativně mělkým mořem. Na mořském dně docházelo k usazování vápnitého pískovce, který je tvořen především drobnými zaoblenými zrny křemene propojenými kalcitovým tmelem. V malém množství pískovec obsahuje také jílové minerály, zejména kaolinit a glaukonit, který má díky obsahu Fe^{2+} typicky zelenou barvu. Právě přítomnost glaukonitu je důležitá pro určení původu pískovce, neboť tento minerál může vznikat pouze v mořském prostředí. Při zvětvávání pískovce dochází postupně k oxidaci Fe^{2+} v glaukonitu na Fe^{3+} a tvoří se směs oxidů a hydroxidů železa označovaná jako limonit. Tento jev je spojen se změnou barvy na černohnědou až rezavou, která je zcela typická pro křídové pískovce Českého masivu.

Teplé křídové moře bylo mimo jiné obýváno korýši rodu *Protocallianassa*, jejichž klepeta

Stáří: mladší druhohory (křída)

se zachovala ve zkamenělé podobě ve zdejších pískovci. Klepeta patřila mezi nejodolnější části krunýře korýšů, avšak při silnějším mořském proudění mohla být od krunýře oddělena a unášena proudem. Následně docházelo k jejich nahromadění a usazení v určitém místě, kde se postupem času při zpevňování (diagenézi) pískovce stala jeho součástí. Přítomnost klepet v takto hojném množství dala hornině specifické označení „kalianasový pískovec“.



10) Svědci doby ledové

Lokalita původu:

- Ostrava (a)
- Velká Kraš–Hukovice (b)

Během doby ledové před 160 tisíci lety (tzv. saalské zalednění) docházelo k pohybu

Stáří:

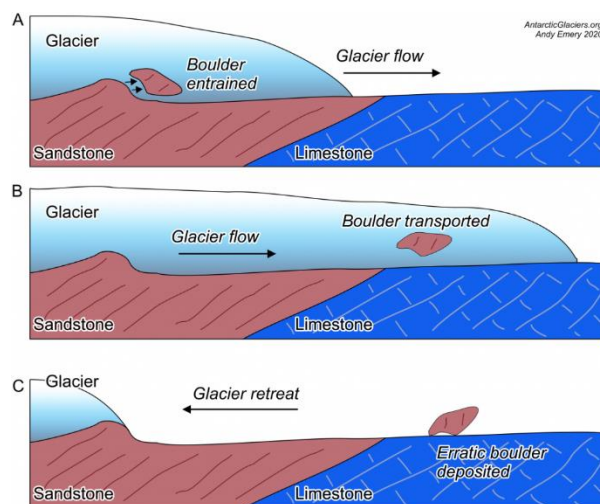
- vznik hornin – starohory (proterozoikum)
- transport ledovcem z původní oblasti Skandinávie na území Českého masivu – starší čtvrtohory (pleistocén)

mocných kontinentálních ledovců ze severských oblastí směrem na jih.

Pohybující se ledovcová masa dosáhla až k severnímu okraji Českého masivu a pozůstatky tehdejší ledovcové aktivity dnes nacházíme zejména v severočeských výběžcích (Šluknovský, Javornický, Osoblažský). Ledovec s sebou nesl horninové bloky různých velikostí, které do sebe zabudoval během jeho pohybu. Takto transportované horniny zde byly následně uloženy v podobě tzv. čelních morén (kamenné valy ledovcového původu uložené v místě, kam ledovec zasáhl), popřípadě byly z tajícího ledovce uvolňovány jednotlivě a v současnosti je nacházíme v podobě tzv. bludných (eratických) balvanů. Pojmenování pochází z anglického pojmu *erratic* (nevyzpytatelný, bloudící), neboť svým složením neodpovídají horninám vyskytujícím se v oblasti, kde byly nalezeny. Typickými horninami eratických balvanů jsou severské žuly (granity) s charakteristickou červenou barvou, jejichž stáří dosahuje více než 1 miliardy let.

V předpolí ledovce docházelo k silnému proudění studeného větru, který s sebou unášel drobná zrna písku. Při prudkých nárazech větrem nesených zrn do

uvolněných eratických balvanů docházelo k postupnému obroušování jejich návětrné strany.



Proto se u balvanů velmi často setkáváme s různě orientovanými zarovnanými plochami s výraznými hranami, k jejichž vytvoření došlo v důsledku sezónních změn směru proudění větru, což vedlo k obroušování balvanu z různých stran. Díky přítomnosti nápadných hran na styku obroušených ploch bývají takto vytvarované eratické balvany označovány jako „hrance“.

12) Silurští hlavonožci

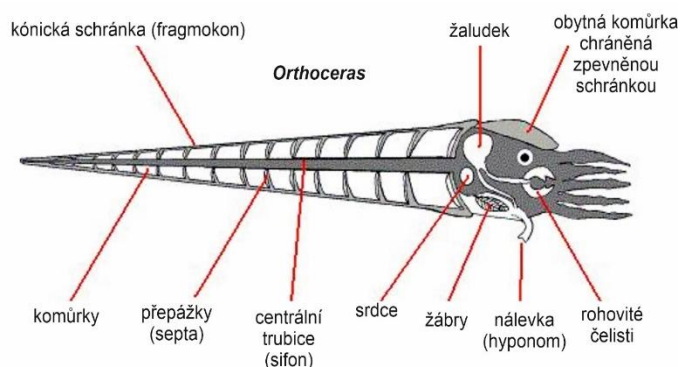
Lokalita původu: Kosov u Berouna

Ve vápencích Českého krasu se můžeme setkat se zkamenělinami silurských hlavonožců z rodu *Orthoceras*, jejichž fosilní schránky mají specifický tvar připomínající napřimený roh (*ortho* – latinsky rovný, *keras* – řecky roh). Vápence obsahující velké množství nahromaděných fosilních schránek těchto hlavonožců bývají v češtině označovány jako „ortocerové vápence“.

Stáří: starší prvohory (silur)

Ortoceři byli draví mořští živočichové, kteří uměli aktivně plavat pomocí rychlého vystřikování proudu vody. Díky svým velkým očím dokázali snadno spatřit kořist, kterou poté ulovili pomocí vyvinutých chapadel. Schránka ortocerů je tvořena centrální trubicí a komůrkami, navzájem oddělenými příčnými přepážkami. Komůrky ve schránce sloužily hlavonožcům jako hydrostatický orgán, pomocí kterého

regulovali vztlak, a tím i hloubku svého ponoru. Svalnatá nálevka (hyponom) v hlavové části umožnila ortocerům nasát mořskou vodu do centrální trubice a následně do komůrek, čímž došlo k zatížení schránky a k jejímu následnému poklesu směrem ke dnu. Naopak, pokud byly komůrky naplněny plynem, schránka se odlehčila a byla tak vynesena směrem k hladině.



13) Vznik žulového magmatu

Lokalita původu: Vanov u Telče

Žulové (granitické) magma vzniká tavením metamorfovaných hornin (rul) během horotvorných procesů, tzv. orogenezí. K tavení rul dochází působením velmi vysokých teplot v hloubce zemské kůry. Tavení může být urychleno také poklesem tlaku při relativně stálé vysoké teplotě, k čemuž může dojít například v důsledku odstranění nadložních hornin (v tomto případě se jedná o tzv. dekompresní tavení). Natavená rula se postupně mění v materiál označovaný jako migmatit, který je tvořen dvěma složkami – světlá složka (leukosom) představuje roztavenou část původní horniny, zatímco tmavá složka (melanosom) reprezentuje její neroztavený pozůstatek (restit). Melanosom je tvořen převážně tmavou slídou (biotitem), která



Stáří: mladší prvohory (karbon)

v okolním leukosomu vytváří lesklé páskované polohy nebo smouhy.

Složení světlé taveniny (převážně křemen a živce) odpovídá granitickému magmatu, které je lehčí než okolní neroztavené horniny, a díky tomu začíná pozvolna stoupat směrem k povrchu Země. Magma nejprve vystupuje drobnějšími kanálky, které se postupně rozšiřují a navzájem propojují, dokud magma nevytvoří velké podpovrchové těleso označované jako magmatický diapir. Ten se následně dále protlačuje směrem k povrchu méně pevnějšími okolními horninami. Jakmile magma v diapiru utuhne, označuje se vzniklé horninové těleso jako pluton. Odtud pochází odborné pojmenování pro hlubinné vyvřeliny, mezi které řadíme i granit – plutonické horniny. Pokud granitické magma při svém výstupu narazí na horninu s výrazně odlišným složením (například mramor, který není jako granit silikátovou, nýbrž karbonátovou horninou), dochází na jejich kontaktu v důsledku působení vysokých teplot za nízkých tlaků k chemické reakci, jejímž výsledkem je vznik novotvořených minerálů.

Tuto část horninového masivu na kontaktu dvou různých hornin, ve které dochází k chemickým a minerálním změnám, označujeme jako reakční lem. Proces vzniku reakčního lemu se nazývá periplutonická (kontaktní) metamorfóza. Běžným minerálem reakčních lemů v okolí granitických plutonů bývá namodralý cordierit ($\text{Mg}_2\text{Al}_4\text{Si}_5\text{O}_{18}$), který lze spatřit i na vystaveném exponátu na kontaktu s čočkou vápenného erlánu.



14) Utopené kry migmatitu v žule

Lokalita původu: Rácov u Telče

Stáří: mladší prvohory (karbon)

Během výstupu žulového (granitického) magmatu k povrchu Země se tavenina dostává do chladnějších částí zemské kůry. Okolní horniny s nižšími teplotami jsou oproti žhavému plastickému magmatu křehké a snáze tak podléhají rozlámání či rozpadu. Jak tavenina prostupuje puklinami k povrchu, může dojít k vylamování bloků křehké okolní horniny a k jejich pohlcení magmatem. Tento proces bývá označován termínem z angličtiny „magmatický stoping“.

Vylomené bloky těžší okolní horniny klesají granitickým magmatem směrem dolů, zatímco lehčí tavenina stále stoupá výše. Magmatem pohlcené úlomky okolních hornin s odlišným složením se označují jako xenolity (z řeckého *xenos* – cizí, *lithos* – kámen) a mají zpravidla ostrohranný tvar. Xenolity obsažené ve vystaveném exponátu

žuly jsou tvořeny páskovaným migmatitem (tzv. stromatitem). Světlejší pásy jsou v některých částech zvrásněné, k čemuž došlo ještě v době, kdy byl migmatit plastickou taveninou. Ostrohranné ohraničení xenolitů ale naznačuje, že byl migmatit v době magmatického stopingu již poměrně vychladlý a utuhlý v pevnou a relativně křehkou horninu.



16) Živcové vyrostlice v žulách

Lokalita původu: Řásná u Telče

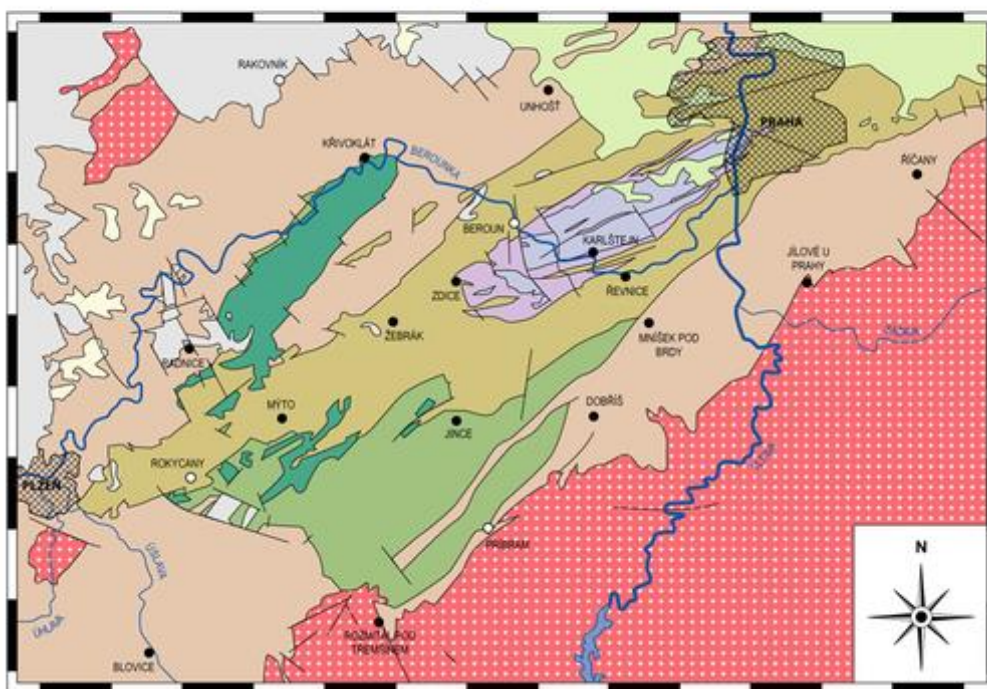
Stáří: mladší prvohory (karbon)

Žula neboli granit nese své označení z latinského *granum* (zrno), neboť se hornina skládá z relativně velkých minerálních zrn, která jsou viditelná pouhým okem. Mezi hlavní horninotvorné minerály granitu patří našedivělý křemen, mléčně bílé či narůžovělé živce (sodno-vápenatý plagioklas nebo draselný ortoklas) a slídy, jejichž štěpné krystaly vytvářejí lesklé lupínky stříbřité nebo hnědočerné barvy (světlý muskovit nebo tmavý biotit). Díky své výrazné krystalické stavbě se granit v geologických mapách a kresbách značí symbolem + (viz ukázka).

Velikost jednotlivých minerálních zrn se může v rámci horniny lišit. Například drobnější živcová zrna tvoří základní hmotu, zatímco větší a dobře omezené krystaly mají tabulkovitý tvar a označují se jako vyrostlice. Ty z taveniny krystalizovaly jako první a při pohybu magmatu byly natočeny ve směru jeho toku, a sice rovnoběžně s okrajem plutonu. Orientace živcových vyrostlic tak dobře umožňuje sledovat průběh okraje žulového tělesa.

GEOLOGICKÁ MAPA BARRANDIENU

1 : 400 000



Legenda

Žula a podobné horniny	Kambrické usazené horniny
Starohorní přeměněné horniny	Kambrické sopečné horniny
Karbonské usazené horniny	Ordovické usazené a sopečné horniny
Křídové usazené horniny	Silurské usazené a sopečné horniny
Třetihorní usazené horniny	Devonské usazené horniny



17) Žulový obelisk

Lokalita původu: Řásná u Telče

Typickou vlastností žuly (granitu) je její schopnost lámat se ve velkých celistvých blocích, čehož je velmi často využíváno v kamenictví a architektuře pro tvorbu tzv. obelisků neboli monolitů (z řeckého *mono* – jeden, *lithos* – kámen). Jednotlivé kvádry se z žulového masivu vylamují podél tří hlavních puklinových systémů, které tvoří jejich stěny. V geologii se tyto tři puklinové systémy označují jako S, Q a L, v kamenictví se pak příslušným stěnám kvádrů říká dobrá strana (S), špatná strana (Q) a honové plochy (L).

Pukliny S (sevřené) jsou orientovány paralelně ve směru toku magmatu, tedy podél orientace živcových vyrostlic. Z toho důvodu se v tomto směru granit dobře láme a vznikají tak nejdelší stěny kvádrů. Pukliny Q (otevřené) probíhají kolmo ke směru toku magmatu a tvoří tedy nejkratší stěny kvádrů. Vzhledem k tomu, že jsou otevřené, může docházet k jejich sekundárnímu vyplnění mladší žilnou mineralizací. Podél

Stáří: mladší prvohory (karbon)

takto vyhojených poruch granit snadno praská. Pukliny L (ložní) probíhají souběžně s povrchem terénu a jsou dány převážně plochami zvětrávání. Spolu s puklinami S tvoří nejdelší stěny kvádrů.

Největší monolit granitu pocházející z Českého masivu byl vylomen a opracován v kamenolomu Mrákotín u Telče a je aktuálně umístěn na nádvoří Pražského hradu.



Kamenické práce na žulovém obelisku z Mrákotína v roce 1925.

18) Podmořská čedičová láva

Lokalita původu: Karlík u Prahy

Diabas je druh čedičové horniny (bazaltu), která vznikla při vulkanické činnosti na dně moře. Diabasy se vyznačují různě orientovanými lištami světlých živců (plagioklasů), obklopenými tmavými minerály ze skupiny pyroxenů a olivínem. Tento typ stavby vulkanických hornin se označuje jako ofitická struktura a vzhledem

Stáří: starší prvohory (silur)

k velmi jemné zrnitosti krystalů lze pozorovat pouze pod mikroskopem.

Dojde-li k výlevu žhavé bazaltové lávy na mořské dno, nastává následně reakce s mineralizovanou mořskou vodou a dochází ke změně minerálního složení.



Ukázka tzv. polštářové bazaltové lávy, která utuhnula na mořském dně (foto University of Hawai'i at Mānoa).

Tento proces se označuje jako alterace. Sůl z mořské vody způsobí obohacení horniny sodíkem a vytváří se sodný plagioklas (tzv. albit), zatímco voda samotná zapříčiní hydrataci olivínu za vzniku nazelenalých

sekundárních minerálů ze skupiny chloritu. Díky tomu se diabasy v geologických mapách značí zelenou barvou, na rozdíl od běžných bazaltů, známých například z Českého středohoří, které se značí fialově.

Hydratace může nastávat i v současných klimatických podmínkách během zvětrávání diabasů. Působením vody může docházet jednak k přeměnám plagioklasu na výrazněji bílý jílový minerál montmorillonit, jednak ke zvětšování objemu povrchových zón horniny. V důsledku toho se jednotlivé zóny od sebe navzájem oddělují jako slupky cibule. Tento proces se označuje jako exfoliace a dává vzniknout specifické kulovité odlučnosti horniny, která je pro diabasy typická.

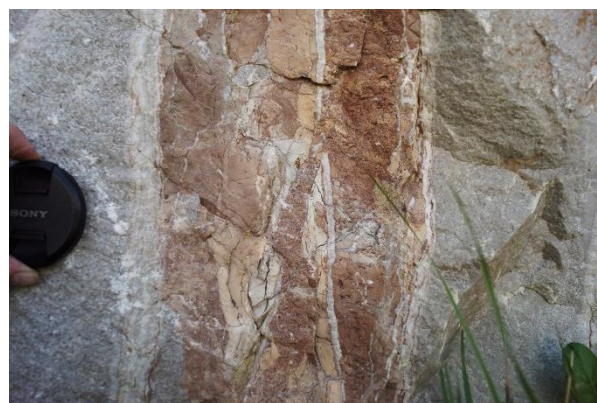
19) Vápencová neptunická žíla

Lokalita původu: Čertovy schody u Koněprus

Během devonu se na území Barrandienu (geologicky významná oblast mezi Prahou a Plzní) rozkládalo relativně mělké tropické moře, ve kterém se vytvořil korálový útes. Na úpatí strmých stěn útesu se hromadily schránky korálů, lilijic, ramenonožců a dalších mořských živočichů, které společně s materiálem útesu daly vzniknout dnešním vápencům Českého krasu.

V důsledku pohybů hladiny moře docházelo ke střídavému vynořování a opětovnému zaplavení korálového útesu. Během dočasného vynoření vápence krasověly, praskaly a pukliny se vlivem gravitace rozvířaly. Při následném ponoření útesu byly otevřené pukliny vyplněny mladším materiálem, který byl nejprve jemnozrnný (kalový), později hrubozrnnější s četným

Stáří: starší prvohory (devon)



obsahem úlomků schránek mořských živočichů. Nahromaděný materiál v puklině byl postupně zpevňován až na vápenec červené barvy. Jelikož se krasové pukliny v původním korálovém vápenci neustále zvětšovaly, jednotlivé výplně s odlišnou zrnitostí se mohou různě protínat. Takto vyplněné trhliny ve vápencích se označují jako neptunické žíly. Toto pojmenování

pochází z počátku 19. století, kdy se někteří geologové, řečení neptunisté, domnívali, že tímto způsobem vznikly všechny žíly (včetně magmatických). Samotné označení je pak odvozeno od jména římského boha moře Neptuna.

22) Dno vysychajícího jezera

Lokalita původu: Krákorka u Červeného Kostelce

Arkóзовé pískovce obsahují vedle běžného křemene také draselné živce, které byly do sedimentačního prostředí přineseny z okolních erodovaných hornin s obsahem křemene a živce (granity nebo ruly). K ukládání materiálu docházelo na dně jezera, o čemž svědčí povrch pískovcových vrstev se specifickými tvary, tzv. mechanoglyfy. Typickým příkladem mechanoglyfů jsou zkamenělé čeřiny, které vznikly mechanickým zvlněním nahromaděného materiálu na dně jezera v důsledku působení přívalových proudů vody. Podle vzhledu čeřin lze odhadnout, jakým směrem voda proudila. Hřbety čeřin jsou orientovány kolmo vůči proudění a jsou jazykovitě protažené ve směru proudu vody. Různá orientace čeřin pak svědčí o změnách směru proudění vody v době usazování a zpevňování materiálu pískovce.

Dalším typem mechanoglyfů, který lze na vystaveném exponátu pozorovat, jsou bahenní praskliny, které mají obdobně jako

Okolní světlé vápence jsou velmi čisté, obsahují velmi vysoké obsahy CaCO_3 , zatímco načervenalé neptunické žíly mladšího vápence jsou zbarveny příměsí minerálu hematitu (Fe_2O_3).

Stáří: starší druhohory (trias)

bazaltové sloupce energeticky nejvýhodnější polygonální tvary. V čistém pískovci praskliny obvykle nevznikají, jsou typické spíše pro pískovce s příměsí jílu, který se při vysychání smršťuje a snadno praská. Bahenní praskliny mohly být následně vyplněny dalším nezpevněným materiálem jezerního dna, což se může na vrstevní ploše pískovce projevit přítomností polygonů s vystupujícím reliéfem.



Ukázka čeřin a bahenních prasklin v pískovci (foto Khalil Baalbaki).

23) Křemenné žilky v buližníku

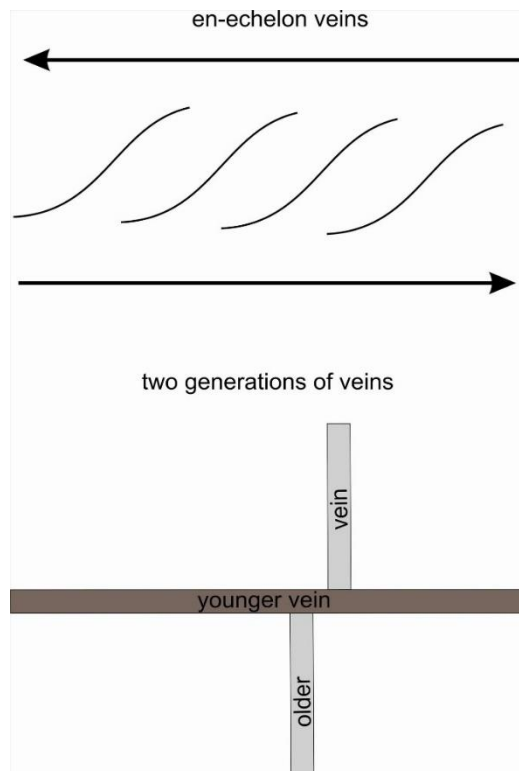
Lokalita původu: Líšná u Zbirohu

Buližník je typem sedimentární horniny označované jako silicit. Je tvořen schránkami mikroorganismů a křemičitým gelem, který byl procesem rekrystalizace zpevněn na minerál křemen (SiO_2). Křemen je velmi odolný proti zvětřování, proto buližníky často vytvářejí mohutné skalní dominanty. Buližníky mají charakteristickou černou barvu, která je dána příměsí uhlíku pocházejícího z rozložené organické hmoty z mořského dna s omezeným přístupem kyslíku.

Ačkoliv je buližník hornina poměrně tvrdá a odolná vůči zvětřování, je relativně křehká a může snadno popraskat v důsledku tektonických procesů za působení tlaku. Během vrásnění tak u buližníku došlo k vytvoření trhlin a zlomů, které byly následně vyplněny pronikajícími hydrotermálními fluidy, z nichž postupně vykrytalizoval křemen a vytvořil v buližníku tzv. syntektonické žíly. Můžeme se setkat také s více generacemi žilek (anglicky *veins* – viz obrázek). V tomto případě platí pravidlo, že mladší žilka vždy přetíná tu starší.

Pokud na zlomu probíhal posuvný pohyb, křemenná výplň mohla být uspořádána do paralelních kulisovitých žilek označovaných francouzským termínem „*en echelon*“ (stupeň). Podle zakřivení okrajů těchto žilek lze určit, jakým směrem se horninové bloky podél zlomu pohybovaly (posun ker probíhal „proti srsti“ orientace žilek). Je-li plocha zlomu na horninovém výchozu obnažena, můžeme se setkat se specifickým rýhováním, které vzniklo paralelně se směrem pohybu a někdy bývá pro svůj ohlazený a lesklý vzhled označováno jako tektonické zrcadlo.

Stáří: starohory (proterozoikum)



Výjimečné vlastnosti buližníku, jako jsou tvrdost, černá barva a vysoká odolnost vůči působení kyselin, byly dříve využívány k testování pravosti zlata. Buližník sloužil jako tzv. prubířský kámen, o jehož drsný povrch se testovaný kov otíral. Následně byl povrch buližníku smočen kyselinou, a pokud došlo k rozpuštění vrypu testovaného kovu, nemohlo se jednat o pravé zlato, které je v běžných kyselinách nerozpustné.



27) Zchlazený okraj žíly spessartitu

Lokalita původu: Rácov u Telče

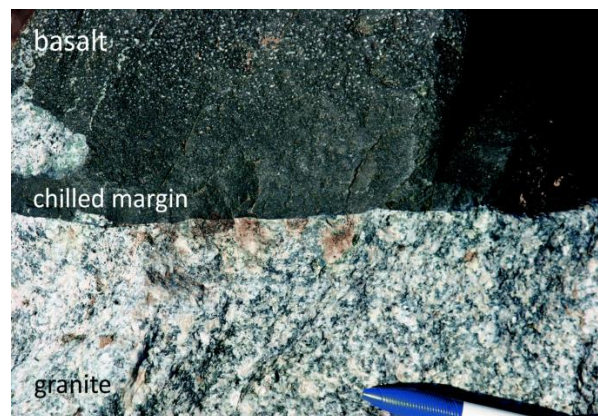
Spessartit je typ magmatické žilné horniny označované jako lamprofyr (pozor – neplést si se spessartinem, což je minerál ze skupiny granátů). Je tvořen vyrostlicemi tmavých minerálů, zejména biotitem a minerály ze skupiny pyroxenů a amfibolů, obklopenými jemnozrnnou základní hmotou ze sodnovápenatých živců (plagioklasů).

Obecně žilné magmatické horniny vznikají vmístěním magmatu do okolních hornin prostřednictvím tektonických poruch, tedy zlomů nebo trhlin. Jelikož bývá okolní hornina chladnější než pronikající magma, dochází k velmi rychlému ochlazení taveniny. Minerály tak nemají dostatek času vykrystalizovat do větších velikostí, proto jsou u žilných hornin typické jemnozrnné stavby. Nejvíce jemnozrnné bývají žíly při svých okrajích, kde byla míra zchlazení nejvyšší. Postupně do svého středu se hornina stává relativně hrubozrnnější, neboť zde krystalizace pokračovala pomaleji. Tento jev se označuje jako zchlazené okraje žíly (anglicky *chilled margins*).

Stáří: mladší prvohory (karbon)

Zchlazený okraj vystavené žíly spessartitu v granitu obsahuje drobné tmavé krystaly amfibolu v jednolitě šedé základní hmotě. Směrem do středu žíly se objevují světlé protáhlé mandlovité útvary, které vznikly vyplněním původních bublin v magmatu sekundárními minerály (například kalcit či

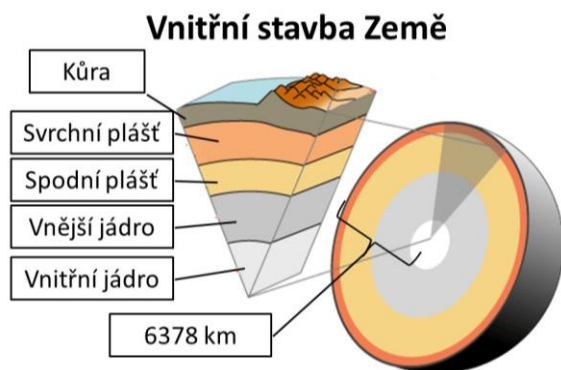
minerály ze skupiny zeolitů). Jejich protažený tvar (tzv. magmatická lineace) vznikl při pohybu taveniny, kdy ještě tekuté magma třelo o již utuhlé okraje. Směrem do středu žíly byla třecí síla menší, proto se zde objevují bubliny větší a mají spíše zaoblený tvar. Na základě orientace magmatické lineace lze určit směr pohybu magmatu před jeho utuhnutím.



28) Horniny zemského pláště

Lokalita původu: Smrčí u Semil

Tento exponát bazanitu nám podrobněji přiblíží vznik tzv. plášťových xenolitů, se kterými jsme se již setkali u horniny č. 7 – Čedičové varhany. Svrchní zemský plášť se nachází v hloubkách přibližně mezi 35 a 650 km pod povrchem Země a je překrytý vrstvou zemské kůry. Přesto se však s horninami svrchního pláště můžeme setkat i v povrchových podmínkách, a to nejčastěji v podobě plášťových xenolitů vynesených z pláště při vulkanické činnosti. Vzácněji se mohou vyskytnout i celistvé masivy plášťových hornin, které byly tektonicky vytaženy z pláště na povrch při horotvorných procesech (vrásnění neboli orogeneze).



Plášťové xenolity jsou obvykle zaoblené útvary (nodule) tvořené horninou označovanou jako peridotit lherzolitového typu. Jejich složení přímo reprezentuje materiál, ze kterého je svrchní plášť budován. Na povrch byly tyto neroztavené pozůstatky pláště dopraveny společně s magmatem bazaltového složení při vulkanické erupci. Xenolity mají typicky zelenou barvu, kterou jim dodává především žlutozelený hořčnatý olivín (forsterit). Tmavší krystaly jsou tvořeny minerály ze skupiny pyroxenů (diopsid a enstatit) a spinelů. Někdy se v nodulích

Stáří: mladší třetihory (neogén)

mohou objevit i červíkovité srůsty (tzv. symplektity) pyroxenů a spinelů. Tyto útvary vznikají při pozvolném poklesu tlaku reakcí olivínu s granátem, který byl původně v plášťovém materiálu rovněž přítomen.



Druhou formou výskytu plášťových hornin na zemském povrchu jsou šupiny pláště, tektonicky vytažené během příkrovových pohybů při vzniku pásečných pohoří. Ve srovnání se vznikem plášťových xenolitů je tento proces mnohem pomalejší a může trvat i v řádech milionů let. Z toho důvodu plášťový materiál vychladá mnohem pomaleji než při relativně rychlém výstupu magmatu. V průběhu transportu z pláště na povrch do sebe navíc zabudovává vodu z okolí a dochází tak k jeho hydrataci. Proces hydratace způsobí chemickou přeměnu olivínu na vláknitý (azbestový) minerál ze skupiny serpentinu, označovaný jako chrysotil. Výsledná hornina, které se dostane na povrch Země, již tedy nemá původní složení původního peridotitu a bývá označována jako serpentinit neboli hadec (z latinského *serpens* – had).

29) Seménková železná ruda

Lokalita původu: Klabava u Rokycan

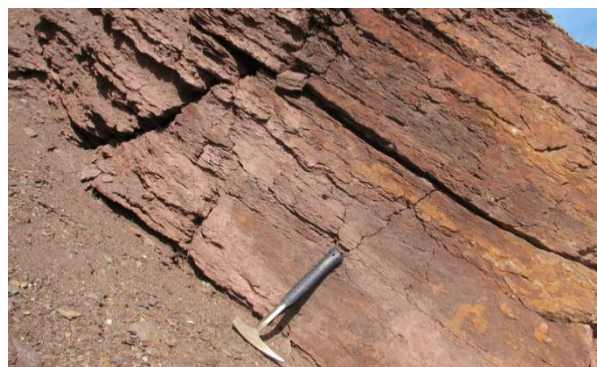
V geologicky významné oblasti Barrandienu mezi Prahou a Plzní bylo v 50. a 60. letech 20. století těženo mnoho lokálních ložisek železné rudy. Vystavený vzorek železné rudy se vyznačuje specifickou seménkovitou (oolitickou) stavbou. Ta je způsobena přítomností drobných tělísek vejčitého tvaru, tzv. ooidů (předpona *oo-* pochází z řeckého *oon* – vejce), které vznikly obalením zrněk písku soustřednými slupkami rudních minerálů.



Červené zbarvení ooidů způsobuje minerál hematit (Fe_2O_3), zelenošedé bývají železem bohaté minerály ze skupiny chloritu (například chamosit či thuringit) a hnědou barvu udává minerál siderit (FeCO_3) nebo směs oxidů a hydroxidů železa nazývaná jako limonit.

Stáří: starší prvohory (ordovik)

Železná ruda se v Barrandienu vyskytuje ve formě mocných poloh (tzv. rudních obzorů) mezi vrstvami sedimentárních hornin.



Rudní obzory na lokalitě Klabava – Ejpovice (foto Jakub Jirásek).

Vznik rudních obzorů je spojen s podmořským vulkanismem, kdy se do mořské vody dostávaly kyselé roztoky nasycené dvojmocným železem. Reakcí se zásaditou mořskou vodou se z roztoků začaly srážet rudní minerály, které vytvořily povlaky na pískových zrnech na mořském dně. V důsledku pohybů mořské vody pak docházelo k postupnému nabalování jednotlivých rudních vrstviček na zrna za vzniku ooidů. Během zpevňování sedimentárních vrstev pak došlo k jejich kompakci, přičemž ooidy získaly svůj zploštělý tvar připomínající semínka sezamu, což dalo železné rudě pojmenování „seménková“.

33) Pražská „zlatá“ opuka

Lokalita původu: Přední Kopanina u Prahy

Opuka je sedimentární hornina, která vznikala v mělkém a teplém křídovém moři, na jehož dně se usazovaly jednak drobné vápnité schránky organismů, jednak křemité jehličky vyztužující těla mořských hub. Tato směs organického materiálu, označovaná jako kal, spolu s jílem, křemenným prachem a jemnozrnným pískem z pevniny dala vzniknout opuce. Jako zpevňovací materiál fungoval opálový gel, který vznikl rozpuštěním křemitých jehlic hub. Z geologického hlediska lze opuku pojmenovat také jako vápnito-jílovitý prachovec nebo prachovitý slínovec.

V přípovrchových částech docházelo k vylučování vápnité složky horniny, což vedlo k výraznému zvýšení pórovitosti opuky. Hornina se tak odlehčila, byla snáze opracovatelná a navíc získala výborné tepelně-izolační vlastnosti, díky čemuž se již v 11. století v Praze těžila a využívala na stavby významných budov (například románský kostel sv. Jiří na Pražském hradě). Světlá barva opuky vynikla oproti ostatním středověkým stavbám ze dřeva či tmavého kamene, a zejména při osvětlení slunečními paprsky získala až zlatavou barvu. Proto se hlavnímu městu začalo přezdívat „Zlatá Praha“.



Stáří: mladší druhohory (křída)



Použití opuky na stavbu baziliky sv. Jiří na Pražském hradě (foto Správa Pražského hradu).

Vylamované bloky opuky bývají omezeny vrstevními plochami a dvěma systémy strmých tahových puklin, které se vyznačují charakteristickou pérovitou kresbou. Směr drobných vystouplých hřebítků tvořící jednotlivá „pírka“ indikuje směr rozevírání tahové pukliny. Okraje tahových puklin jsou zakončeny tzv. zónou rozdrípení, která se vyznačuje řadou drobných vrtulovitě stočených trhlinek.

34) Barevné proměny ryolitu

Lokalita původu: Malé Žernoseky u Lovosic

Ryolit (starším názvem křemenný porfyr) je kyselá vulkanická hornina, která se vyznačuje většími vyrostlicemi živců a křemene, které krystalizovaly pomalu ve větších hloubkách. Tyto krystaly jsou obklopeny jemnozrnnou základní hmotou, která utuhla poměrně rychle již v povrchových podmínkách. Živce jsou mléčně bílé až nažloutlé a neprůhledné, zatímco křemen je šedý a průhledný. Práškovitý vzhled dodávají hornině jílové minerály, které vznikly sekundárně zvětráváním živců.



Ukázka použití ryolitu na výrobu mlýnských kamenů (tzv. žernovů).

Ryolit z Malých Žernosek se využíval pro výrobu mlýnských kamenů, tzv. žernovů (podle nichž byla obec pojmenována). Výhodou použití ryolitu je skutečnost, že se kameny při používání samy ostří, neboť tvrdší krystaly křemene při obroušování mletím vystupují z měkčí živcové základní hmoty.

Barevné proměny ryolitu, které lze pozorovat na vystaveném exponátu, jsou způsobeny přítomností železa v různých oxidačních stupních. Pokud nebyla láva při

Stáří: mladší prvohory (karbon)

výlevu dostatečně okysličená, zůstalo železo ve dvojmocném stavu a výsledný ryolit je tak světlý. Pokud bylo kyslíku naopak dostatečné množství, došlo k oxidaci na trojmocné železo za vzniku minerálu hematitu (Fe_2O_3), který horninu zbarvil do růžova až fialova. Díky tomuto charakteristickému „krvavému“ zbarvení se hematitu lidově říká krevel. V důsledku působení podzemní vody (redukční prostředí) se rozpustné dvojmocné železo uvolňuje, a jakmile doputuje na rozhraní vody a vzduchu (oxidační prostředí), vysráží se v trojmocném stavu, a to ve formě směsi oxidů a hydroxidů železa, nazývané jako limonit. Limonit často tvoří četné rovnoběžné linie oranžovohnědé až rezavé barvy, které se označují jako Liesengangovo páskování.



Na rozdíl od tmavých bazaltů, které vznikají tavením svrchního zemského pláště, světlé ryolity pocházejí z roztavené spodní části kontinentální zemské kůry, která má kyselé (granitické) složení. Při horotvorných procesech variské (hercynské) orogeneze došlo ke gravitačnímu kolapsu vyvrásněného pohoří a vytvořila se velká trhлина, která byla vyplněna kyselým ryolitovým magmatem. Vzniklo tak rozsáhlé těleso teplického ryolitu, které dnes tvoří

významnou část podloží Mostecké hnědouhelné pánve a částečně i mladších třetihorních vulkanických hornin Českého středohoří.

Během kyselého vulkanismu bývají lávové výlevy doprovázeny také pyroklastickými proudy, tvořenými směsí vyvržených

sopečných plynů, popela a spečených kusů lávy. Kompakcí tohoto sopečného materiálu pak vzniká tzv. ignimbrit (z latinského *ignis* – oheň, *imber* – déšť), který se může vyskytovat na lokalitách společně s ryolitem, jako je tomu i v případě Malých Žernosek.

35) Vrásy v zelené břidlici

Lokalita původu: Jílové u Držkova u Železného Brodu

Zelená břidlice je metamorfovaná hornina, která vznikla přeměnou bazaltů za relativně nízkých teplot. Při této tzv. retrográdní metamorfóze, kdy je hornina rychle tektonicky přemístěna z hloubky směrem k povrchu, nastává proces označovaný jako hydratace. Hornina do sebe chemicky naváže vodu, která reaguje s železem za vzniku zeleně zbarvených minerálů, podle nichž nese zelená břidlice své označení. Jedná se například o chloritoid nebo minerály ze skupiny chloritu či amfibolu (aktinolit). Minerály ze skupiny chloritu se navíc vyznačují plochými krystaly lupínkovitého charakteru, díky nimž hornina získává svou břidličnatost, tedy typický deskovitý rozpad, dříve hojně využívaný při výrobě střešních krytin (tzv. pokrývačské břidlice). Pokud břidličnaté horniny podlehnou při metamorfóze



Stáří: mladší prvohory (karbon)

tektonickým tlakům, začnou se postupně ohýbat podobně jako papír. Tento jev se označuje jako vrásnění. V rámci jedné horniny je možné pozorovat i několik různě starých vrás.



Ukázka použití pokrývačské břidlice na výrobu střešních krytin (foto Střechy Vrňata & Žáčik).

Posloupnost jejich vzniku se označuje zkratkou F (z anglického *fold* – vrása) a číslem pořadí jejich vytvoření, tedy F1 (nejstarší), F2 (mladší) až Fn (nejmladší; n – celkový počet generací vrás). Speciálním příkladem jsou vrásy ptygmatické, které vznikají podélným stlačením žilek z tvrdších minerálů obsažených v měkčích hornině a vyznačují se velmi výrazným zaklíkacím.

37) Ortorula zvrásněná s amfibolitem

Lokalita původu: Křoví u Velké Bíteše

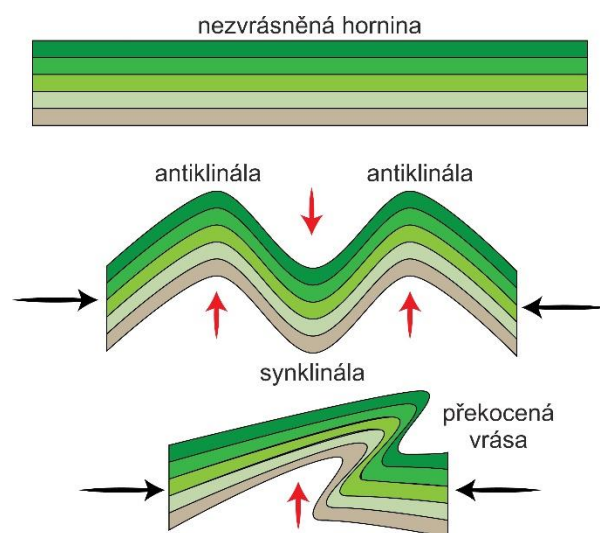
Ortorula pocházející z lokality Křoví je metamorfovaná hornina, která vznikla během variské (hercynské) orogeneze přeměnou staršího (proterozoického) granitu. Má světlou barvu a je tvořena šedým křemenem, mléčně bílými živci a šupinkami slíd (biotitu a muskovitu). Původní granit byl protnutý hustým rojem bazaltových žil, které byly při metamorfóze přeměněny na amfibolit. Ten tvoří v ortorule tmavé pásy tvořené zelenočernými amfiboly, tmavou slídou (biotitem) a bílým sodnovápenatým živcem – plagioklasem.

Díky hercynskému vrásnění došlo k vzájemnému zprohýbání obou hornin. Opakované ohyby a stlačování daly vzniknout střídajícím se různě mocným



Stáří: mladší prvohory (karbon)

páskům z obou horninových typů. Světlé ortorulové pásy mají zhruba srovnatelnou mocnost po celé své délce (tzv. pravá mocnost vrásy), což vypovídá o tom, že byla ortorula při vrásnění velmi pevná (kompetentní). Tmavší amfibolové pásy jsou výrazně mocnější ve svých ohybech, zatímco rovná ramena vrás jsou mnohem tenčí, což vypovídá o větší plasticitě materiálu. Oproti ortorule byl tedy amfibolit v době vrásnění mnohem měkčí (nekompetentní).



Mechanismus vzniku vrás (zdroj: Alaska Earthquake Center).

38) Žíly tonalitu v dioritu

Lokalita původu: Polička u Svitav

Tonalit a diorit patří mezi středně kyselé (intermediální) hlubinné magmatické horniny. Vystavený exponát sestává z

Stáří: mladší prvohory (karbon)

dioritu, který je tmavší, jemnozrnnější a je tvořen světlými sodnovápenatými živci (plagioklasy) a křemenem, z tmavých

minerálů dominují černozeleňé krystaly amfibolu, tmavá slída (biotit) a v menším množství také pyroxeny. Rozpukané bloky dioritu byly později proniknuty tonalitem, který je světlejší, neboť oproti dioritu obsahuje větší množství křemene. Z tmavých minerálů převažuje biotit, místy se objevuje také hnědočervený granát.

Diorit vznikl již ve starohorách během kadomské orogeneze tavením svrchního pláště, zatímco tonalit vznikl až v prvohorách tavením zemské kůry při variském vrásnění. Jelikož se jedná o dvě různé horniny odlišného stáří a vzniku, jsou

bloky dioritu považovány za xenolity (kusy cizí horniny) uzavřené v tonalitu, který xenolity obklopuje v podobě propojené sítě světlejších žil.



39) Přeměna žuly v rulu

Lokalita původu: Sněžné u Nového Města na Moravě

Původně se jednalo o hrubozrnnou žulu (granit) s až 10 cm velkými vyrostlicemi alkalických živců (ortoklas), křemenem a biotitem, která utuhla již ve starších prvohorách (kambrium). Později, když v mladších prvohorách probíhalo na území Českého masivu hercynské vrásnění, byly rozsáhlé masivy granitu zcela nebo částečně metamorfovány na ortorulu. Hornina získala usměrněnou stavbu a v jejím minerálním složení přibyla navíc ještě metamorfně vytvořená světlá slída (muskovit), která je dobře patrná na usměrněných plochách (tzv. plochy foliace). Metamorfózu granitu lze rozčlenit do několika stádií podle stupně přeměny. Výsledkem nejslabšího stupně metamorfózy granitu je hornina označovaná jako metagranit, který na první pohled vypadá téměř jako původní granit s dobře viditelnými, zdánlivě nepostiženými a dobře ohraničenými

Stáří: mladší prvohory (karbon)

krystaly ortoklasu. V mikroskopu lze ale pozorovat jejich rozpad na menší zrna, která však stále udržují kompaktní tvar původního krystalu.



Produktem dalšího stupně metamorfózy je tzv. okatá ortorula, která je charakteristická zaoblením vyrostlic ortoklasu. Živce tak v hornině vytvářejí nápadná bílá oka, která jsou obtékána usměrněnou základní tkání (u metamorfovaných hornin bývá označována jako matrix). Vyšší stupeň metamorfózy pak dává vzniknout

plástevnaté neboli páskované ortorule, která již nenese strukturní znaky původního granitu. Jak velké vyrostlice živců, tak i další minerály jsou protaženy v usměrněné plástve, které dávají hornině výraznou páskovanou texturu. Původní velké ortoklasy obvykle tvoří mocnější pásy, které se střídají s tenčími pruhy zvýrazněnými tmavými minerály. Extrémním případem páskované ortoruly je tzv. stébelnatá ortorula, kde pásy světlých minerálů (živce a křemen) vytvářejí rovné, a díky vyšší tvrdosti i vystouplé hřebítky připomínající navršená stébla trávy. Velmi významnou lokalitou výskytu stébelnaté ortoruly jsou Doubravčany u Kouřimi.



Vzorek doubravčanské stébelnaté ortoruly.

OKRUH 2: Magmatické horniny

1) Tmavý syenit – durbachit

Lokalita: dlažba na Náměstí Svobody, Brno

Pravděpodobně nejznámější a také nejvýznamnější náměstí ležící v samém srdci města Brna je Náměstí Svobody. Plocha náměstí trojúhelníkovitého tvaru je vydlážděna tmavou varietou hlubinné magmatické horniny syenitu, která se označuje jako durbachit. Ačkoliv se na první pohled dlažba v důsledku povrchového zvětrání a opotřebení nejeví nijak zvlášť tmavě, na čerstvě odlomené či naleštěné ploše kamene by se zvýraznil vyšší podíl tmavých minerálů ve srovnání s běžným syenitem, nebo dokonce granitem. Novější durbachitové dlaždice s mnohem lépe viditelnou stavbou horniny byly použity na vydláždění Masarykovy ulice, která propojuje jižní cíp Náměstí Svobody a brněnské hlavní nádraží.

Souřadnice: N 49°11,693', E 16°36,512'

Durbachit nebo také amfibol-biotitický melanokratní (tmavý) syenit či zkráceně melasyenit je v Českém masivu poměrně vzácný a jeho výskyt je vázaný zejména na několik významných masivů – třebíčský, jihlavský, táborský, netolický, masiv Čertova břemene u Tábora, masiv Mehelníku u Písku a masiv Knížecího stolce na Šumavě. Poměrně rozsáhlý je také durbachitový masiv Rastenberk, který leží v rakouské části Českého masivu. Durbachity jsou hrubozrnné horniny s hojným obsahem protažených, až 3 cm velkých tabulkovitých vyrostlic draselných živců obklopených jemnozrnnější základní hmotou tvořenou plagioklasy a tmavými minerály, zejména amfiboly, tmavou slídou (biotitem) a pyroxeny.



obsahovat tmavší zaoblené uzavřeniny jemnozrnné horniny, které jsou označovány jako mafické mikrogranulární enklávy. Ty vznikly nedokonalým smísením bazičtějšího magmatu s kyselejším granitoidním magmatem. Na rozdíl od převážně dioritových enkláv v brněnském masivu mívají enklávy v durbachitech složení monzonitu. Monzonit je hlubinná vyvřelá hornina velmi podobná syenitu a dioritu, přičemž v monzonitu je zastoupení alkalických a sodnovápenatých živců (plagioklasů) relativně vyvážené, v syenitu převažují živce alkalické a v dioritu plagioklasy. Přítomnost enkláv v durbachitech zvyšuje jejich estetičnost při použití jako dekorační kámen.

Hlavním rozlišovacím znakem oproti granitu je velmi nízké zastoupení křemene. Durbachity jsou zajímavé i svým chemickým složením. Jsou velmi bohaté na draslík a oproti jiným plutonickým horninám také obsahují vyšší množství uranu a thoria, které způsobují relativně vysokou přirozenou radioaktivitu durbachitů. Durbachity vznikly v karbonu přibližně před 340 milióny lety (mladší prvohory) během hercynského vrásnění smísením magmatu pocházejícího z roztavené spodní zemské kůry (kyselejší, světlejší magma) a svrchního zemského pláště (bazičtější, tmavší magma). Durbachity proto podobně jako některé granodiority brněnského masivu mohou



Ukázka čerstvého durbachitu s enklávou z lokality Kamenná v třebíčském masivu

2) Gabro alias „černá žula“ typu Nero Assoluto Zimbabwe

Lokalita: Brněnský orloj, Náměstí Svobody, Brno

Souřadnice: N 49°11,688', E 16°36,516'

Jednou z nejkurióznějších brněnských, ale i českých pamětihodností je bez pochyby Brněnský orloj. Tato dominanta Náměstí Svobody stojí na svém místě od roku 2010 a je dílem dvou umělců, Oldřicha Rujbra a Petra Kameníka.

Kuriozita orloje spočívá jednak v tom, že se vlastně vůbec nejedná o typický orloj, jako je například na Staroměstském náměstí v Praze, nýbrž o originální designerské dílo, z něhož nelze snadným způsobem zjistit aktuální čas, jak tomu u orlojů běžně bývá. Podrobný návod, jak z orloje odečíst, kolik je hodin, lze nastudovat na informačním panelu před orlojem nebo na webových stránkách města Brna.

Druhým důvodem, proč je Brněnský orloj považován za kontroverzní a mnohdy bývá i terčem posměchu, je jeho charakteristický tvar připomínající velký černý penis nebo vibrátor. V souvislosti s falickým tvarem orloje a s materiálem použitým k jeho výstavbě, tzv. „černou žulou“, je v místním nářečí orloji s oblibou přezdíváno „Žulin“.

Kamenný obelisk je uvnitř protkán sítí chodbiček, kterými každý den v 11 hodin putuje skleněná kulička, která rozezní zvonkohru a nakonec vypadne jedním z otvorů po obvodu orloje. To je dalším důvodem, proč je orloj nejen pro turisty, ale i pro Brňany tak lákavý – kdo kuličku u správného otvoru chytí, může si ji ponechat na památku jako suvenýr.

Původním záměrem autorů však nebyla výstavba falického symbolu, nýbrž tvaru připomínající dělostřelecký náboj jako připomínka vítězství při obléhání Brna Švédy roku 1645. Velitel švédských vojsk,

generál Torstenson, vydal dne 15. 8. 1645 prohlášení, že pokud Švédové nezvítězí do 12 h v pravé poledne onoho dne, vzdají se a vojsko odtáhne z Brna pryč. Někoho z Brňanů napadla spásná myšlenka, že začnou na kostele hodiny odbíjet poledne o hodinu dříve, dokud ještě bitva nebyla zcela prohraná. Velitel svého slibu dostál, obléhání ukončil a Brňané mohli slavit vítězství. Na připomínku tohoto geniálního podvodu z orloje vypadává skleněná kulička právě v 11 h dopoledne, stejně jako i kostelní zvon na katedrále sv. Petra a Pavla odbíjí poledne o hodinu dříve.



Brněnský orloj je 6 m vysoký, váží 24 tun a je tvořen 7 otočnými segmenty vyrobenými z gabra typu Nero Assoluto Zimbabwe, které pochází z Jihoafrické republiky. Gabro je střednězrná hlubinná vyvřelá hornina černé barvy, proto se jí někdy přezdívá jako

„černá žula“. Od žuly (granitu) se však gabro liší jak mineralogicky, tak i chemicky. Gabro je tvořeno především vápenatými živci (bazický plagioklas označovaný jako anortit) a tmavými pyroxeny. V malém množství může obsahovat také olivín, tmavou slídu (biotit) nebo minerály ze skupiny foidů, které se podobají živcům, ale obsahují méně křemíku (např. nefelin, analcim či sodalit). Na rozdíl od granitu neobsahuje gabro téměř žádné alkalické

živce ani křemen, což se odráží také na jeho mnohem nižším celkovém obsahu SiO_2 .



3) Tmavý syenit – larvikit

Lokalita: obložení budovy mezi ulicemi Česká a Veselá, Skrytá 1/Česká 9/Veselá 16, Brno

Souřadnice: N 49°11,743', E 16°36,364'

Na rozdíl od tmavého syenitu (durbachitu), který je v České republice hojně využívaným dekoračním kamenem, se na budově České spořitelny setkáváme s unikátním tmavým syenitem (melasyenitem) poněkud odlišného vzhledu. Podle jediného naleziště u města Larvik nedaleko Osla v Norsku se tento typ melasyenitu označuje jako larvikit. Jeho stáří bylo stanoveno na 295 miliónů let, což odpovídá mladším prvohorám (perm).

Hlavním horninotvorným minerálem zde nejsou typicky bílé živce, jaké lze pozorovat například na dlaždicích na náměstí Svobody, nýbrž jsou na první pohled tmavé. Obklady budovy tak při pohledu z dálky působí jako černé. Podíváte-li se však na živce zblízka, pod různými úhly a pod různým osvětlením, zjistíte, že jejich barva se mění od černé, přes šedobílou až po modrou.

Tato hra barev je způsobena jevem, kterému se říká labradorescence. Tento optický efekt je pojmenován po sodnovápenatém živci (plagioklasu), který se označuje jako labradorit, pro něhož je tento efekt nejtypičtější.



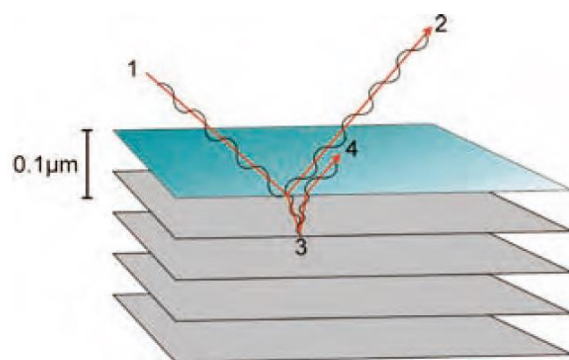
Larvikit v surovém stavu.



Právě kvůli labradorescenci bývají živce v larvikitu často mylně zaměňovány s labradoritem. Ve skutečnosti se ale v případě larvikitu nejedná o labradorit, ale o tzv. vysokoteplotní ternární (tříložkový) živec, tedy takový živec, který obsahuje ve větší míře jak sodík a vápník, tak i draslík. Zatímco u labradoritu převažuje vápník nad sodíkem, v živcích z larvikitu je výrazně více sodíku. Za běžných podmínek je draselný živec (ortoklas) se sodnovápenatým plagioklasem nemísitelný. Proto plagioklasy téměř neobsahují draslík. Pokud je v magmatu draslík přítomen, ale ne v takovém množství, aby mohl vykristalizovat samostatný draselný živec, za vysokých teplot může dojít k částečnému míšení. Při poklesu teploty ale dochází k tomu, že v rámci krystalu plagioklasu dojde k odmíšení (exsoluci) draselného živce, který v něm vytvoří tenké lišty, které se označují jako exsoluční lamely.

Pokud si detailně prohlédnete krystaly živců, spatříte na nich podélné rýhy –

exsoluční lamely. Optický efekt labradorescence vzniká interakcí světla právě na těchto lamelách. Část světla se od lamely odrazí, část světla se láme a pokračuje na další lamelu, kde se odrazí zpět na první lamelu, znovu se láme a paprsek vychází ven ze živce. Zde se potká s prvním odraženým paprskem a v důsledku odlišné fáze vlnění nastává skládání světla (interference). Výsledný paprsek tak bude mít odlišnou vlnovou délku oproti původnímu záření, a proto můžeme pozorovat různé barvy a perleťový lesk. Díky tomuto efektu je larvikit velmi atraktivní pro použití jako dekorační kámen.



4) Liberecká žula

Lokalita: pomník Jiřího Mahena v parku Danuše Muzikářové, Rooseveltova ulice, Brno (mezi Moravskou galerií a Janáčkovým divadlem)

Souřadnice: N 49°11,880', E 16°36,564'

Pomník nacházející se v severozápadní části parku Danuše Muzikářové je věnován českému spisovateli, básníkovi, dramatikovi a knihovníkovi Jiřímu Mahenovi (1882–1939). Jiří Mahen se významně zasloužil o kulturní rozvoj města Brna. Byl zakladatelem Veřejné knihovny města, dnes známé pod pojmenováním Knihovna Jiřího Mahena. Mimo jiné působil také v nedalekém brněnském Národním divadle, které dnes rovněž nese jeho jméno,



tedy Mahenovo divadlo. Bronzová socha v nadživotní velikosti je v parku instalována roku 1976 a je upevněna na kvádrovém podstavci ze světle narůžověle šedé



liberecké žuly. Liberecká žula pochází z rozsáhlého granitického tělesa v severních Čechách, označovaného jako krkonoško-jizerský masiv.

Stáří této horniny bylo stanoveno na 304 miliónů let, což odpovídá mladším prvohorám (karbon).

Jedná se o středně až hrubě zrnitý granit, který je tvořen dominantními tabulkovitými vyrostlicemi narůžovělých draselných živců (ortoklas), mléčně bílými sodnovápenatými živci (plagioklasy), šedým křemenem a drobnějšími černými lupínky tmavé slídy (biotit).

Liberecká žula je v České republice velmi oblíbeným dekoračním kamenem, a to zejména díky typicky narůžovělému odstínu opracované horniny, který je způsoben přítomností hojných krystalů ortoklasu, které mohou dosahovat velikosti až 2–3 cm.

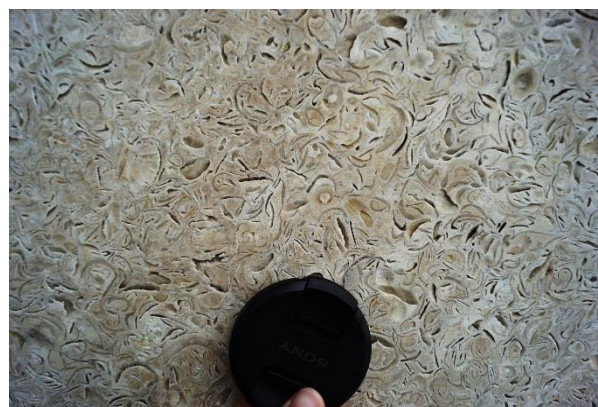
OKRUH 3: Sedimentární horniny

1) Vápenec typu „Muschelkalk“

Lokalita: obklady Janáčkova divadla, Rooseveltova 7, Brno

Historie Janáčkova divadla se datuje v letech 1960–1965, kdy bylo divadlo postaveno na základě vítězného návrhu architektů Jana Víška, Viléma Zavřela, a Libuše Žáčkové-Pokorové z roku 1956. Provoz divadla byl slavnostně zahájen operou Příhody lišky Bystroušky od Leoše Janáčka. Rozsáhlá rekonstrukce (vnitřního i vnějšího prostoru) proběhla v letech 2007–2013 podle architekta Jaroslava Černého.

Souřadnice: N 49°11,896', E 16°36,621'



Před budovou byla vydlážděná světlá fontána s vodními tryskami a dále byly vybudovány podzemní garáže. Exteriér Janáčkova divadla je obložen vápencem typu „Muschelkalk“, dále se zde objevuje např. šluknovský syenit, mrákotínská, liberecká a sedlčanská žula.

Vápenec typu „Muschelkalk“ je lasturnatý vápenec objevující se na obkladových deskách a pilířů. Jeho stáří bylo stanoveno na 237–229 miliónů let, což odpovídá triasu (starší druhohory). Pochází z lokality Manastirishte v regionu Vratsa v Bulharsku. Kromě Bulharska se tento typ horniny vyskytuje také např. v Německu, Polsku a Dánsku. Jde o vápenec organického původu (tzv. lumachelový), který je hojně tvořen schránkami živočichů (lasturami). Barva kolísá od nažloutlé, „krémové“ přes šedobílou. V hornině jsou patrné jednotlivé střídající se vrstvy vápence a dolomitu, póry jsou místy vyplněny sekundárním bílým kalcitem.

Hornina svým vzhledem připomíná travertin, avšak liší se prostředím a

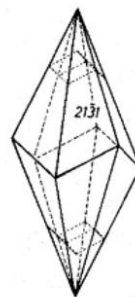
původem vzniku. Zatímco vápenec typu „Muschelkalk“ vzniká v mořském prostředí usazením zbytků organismů (organogenní původ), travertin je sediment usazený ve sladkovodním prostředí, přičemž horninotvorný kalcit vznikl krystalizací z termálních minerálních vod (chemogenní původ).

Tento bulharský vápenec se do Evropy dováží více než 100 let a primárně je využíván jako dekorační kámen pro obložení budov. Kromě Janáčkova divadla se s vápencem typu „Muschelkalk“ lze setkat také v podchodu pod hlavním nádražím v Brně.

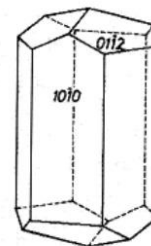
Krystalové
tvary kalcitu



klenec



sklenoedr



prizma

2) Krinoidový vápenec

Lokalita: obložení kašny Parnas, Zelný trh, Brno

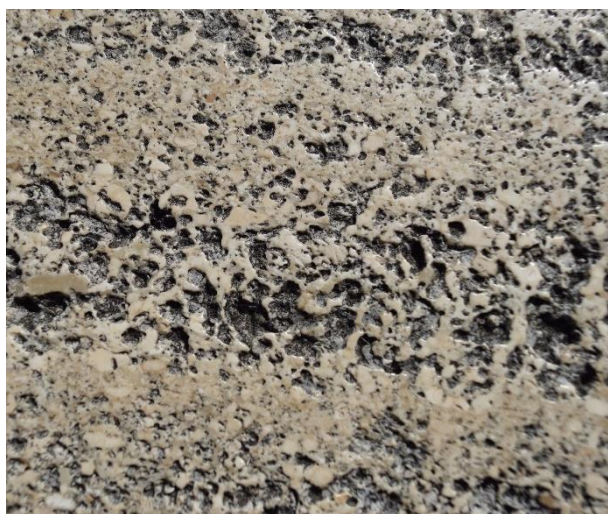
Souřadnice: N 49°11,543', E 16°36,541'

Kašna Parnas je barokní zdobená kašna postavená v letech 1690–1695. Byla zhotovena podle návrhu slavného rakouského architekta Johanna Bernharda Fischera z Erlachu. Kašna byla navržena jako jeskyně postavená z hrubě opracovaných velkých kamenů, pod nimiž se nachází opracované kvádry. Jedná se o nejhodnotnější památku barokní plastiky v Brně. Pro obložení kašny byl jako stavební

materiál použit tzv. krinoidový vápenec pocházející z lokality Stránská skála v Brně.

Krinoidový vápenec je sedimentární hornina organogenního původu. Je složen z článků či úlomků jurské mořské fauny, a sice z ostnokožců, konkrétněji z lilijic (latinsky *Crinoidea*, též počestně krinoidi). Vápence mají „krémové“ zbarvení s četnými bílými průřezy lilijic s jemnými dendrity černé barvy.

Crinoidea jsou nejstaršími žijícími ostnokožci (*Echinodermata*). Objevili se na počátku prvohor a největšího rozvoje dosáhli v prvohorách a druhohorách. Za zmínku stojí, že mají obrácený ústní otvor (směrem nahoru) v porovnání s hadicemi a hvězdicemi. Chapadly jsou schopny ulovit drobnou potravu. Tělo lilijic je složeno z několika částí – z kořenové části, stonku a koruny. Lilijice mohou z vápence vyvětrávat.



Na lokalitě Stránská skála se nacházejí vápence jurského stáří (střední druhohory). Místní jurské vápence obsahují kromě lilijic také další ostnokožce (ježovky, hvězdice, sumýši, hadice), dále plže, mlže, hlavonožce (amoniti, belemniti), korály, mechovky, dírkonožce, jehlice mořských hub (spongie) aj. Vápenec zde byl lámán od 12. století s přestávkami do roku 1925, těžba poté pokračovala i za 2. světové války. V roce 1978 byla Stránská skála vyhlášena chráněným přírodním výtvozem, později v roce 1992 získala status přírodní památky. Z toho důvodu nebylo již nadále možné těžit surovinu.

Pro svou čistotu může být krinoidový vápenec využíván jako vysokoprocenní vápenec pro užití v průmyslu nebo jako

dekorační kámen. Je snadno opracovatelný a poměrně odolný vůči větrné erozi.

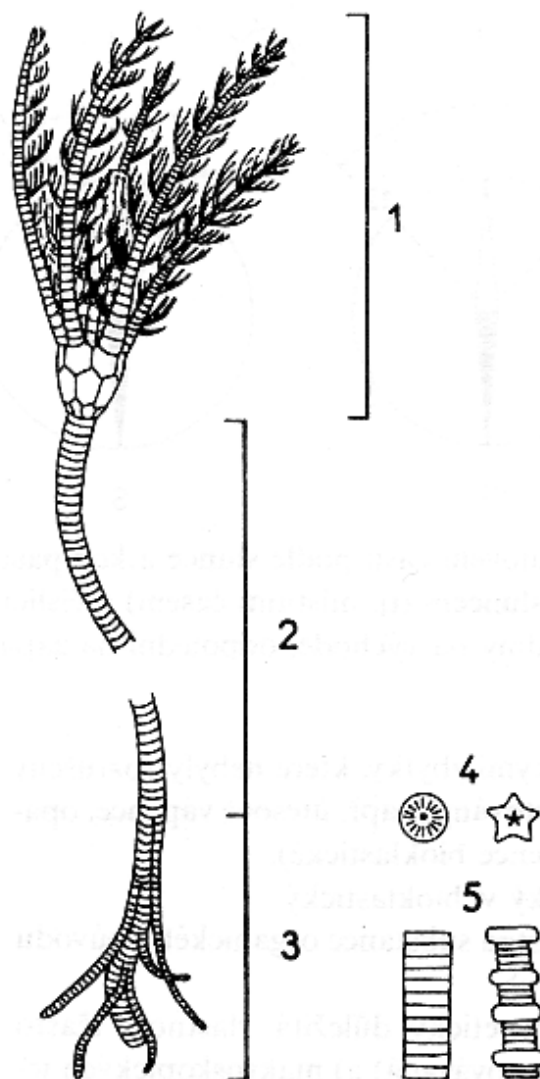


Schéma těla lilijice: 1 – koruna, 2 – stonek, 3 – kořenová část. Příklady článků stonku, které se zachovaly ve vápenci: 4 – pohled shora, 5 – pohled ze strany.

Jedná se o oblíbený dekorační kámen brněnských stavitelů od pozdně románské doby. Kromě kašny Parnas se s ním lze setkat na podstavcích soch u kláštera na Kapucínském náměstí a na Petrově, dále z něj byly také vystavěny portály katedrály sv. Petra a Pavla.

3) Božanovský pískovec

Lokalita: Památník sv. Cyrila a Metoděje u katedrály sv. Petra a Pavla, Petrov, Brno

Netradiční, minimalisticky pojatá dutá socha s dvojitým křížem, umístěná na vydlážděném prostranství poblíž katedrály sv. Petra a Pavla, znázorňuje příchod bratrů Cyrila a Metoděje na Moravu roku 863. Architektonický prvek byl realizován v roce 2013 pro Biskupství brněnské podle návrhu architekta Vladimíra Matouška. Jako materiál pro vytvoření památníku byl zvolen božanovský pískovec.

Pískovec je sedimentární hornina tvořená převážně klastickými zrny (minerální zaoblená zrna nebo úlomky o velikosti 0,06–2 mm; podle klasifikace podíl 25–50 %), základní hmotou (nejčastěji jílovitou) a tmelem. Z minerálů se vyskytuje křemen, živce, těžké minerály (např. turmalíny, rutil, zirkon, amfiboly, granáty) a další.

Božanovský pískovec, někdy též označovaný jako božanovský arkózový pískovec, je hornina světle šedé, nažloutlé, nahnědlé až okrově žluté barvy. Je tvořen převážně živci s ojedinělým výskytem zkamenělin (otisky skeletu hvězdic) z křídového moře (mladší druhohory).

Božanovský pískovec je používán jako stavební a dekorační kámen. Je dobře opracovatelný, proto je využíván v sochařství, a zejména při vytváření pískovcových replik. Tento český pískovec

Souřadnice: N 49°11.492', E 16°36.423'

je unikátní právě pro obnovu památek. Brzy totiž získává patinu na povrchu, a tím pádem je k nerozeznání od původních uměleckých děl. Obecnou nevýhodou pískovce ale je, že se drolí a podléhá erozi.



Těžba božanovského pískovce probíhá vylamováním kvádrů ve stále činném lomu Božanov na Broumovsku (okres Náchod, Královéhradecký kraj). Geologicky lokalita leží ve východní části české křídové pánve (tzv. hejšovinský vývoj), pro kterou jsou typické mocné vrstvy právě zmiňovaných živcových (arkózových) a křemenných pískovců.

4) Devonský vápenec s fosiliemi

Lokalita: pomník míru v Denisových sadech pod Petrovem, Brno

Na prostranství trojúhelníkového tvaru v Denisových sadech západně pod Petrovem stojí téměř 20 m vysoký kamenný obelisk, označovaný také jako Pomník míru. Byl zde postaven roku 1818 na památku ukončení napoleonských válek. Jak by se mohlo na první pohled zdát, nejedná se o monolit – obelisk byl vystavěn z několika kvádrovitých těles do podoby čtyřbokého komolého jehlanu. Roku 1887 do vrcholu památníku udeřil blesk, který způsobil rozštípnutí několika bloků. Poškozené kvádry byly následně vyměněny, avšak drobné prasklinky jako připomenutí této události lze na pomníku spatřit i dnes.

Materiálem obelisku jsou světle až tmavošedé vilémovické vápence devonského stáří (starší prvohory, cca 380 miliónů let) s bohatým zastoupením zkamenělých (fosilních) organismů, zejména pak korálů.

Vápenec využitý ke stavbě obelisku pochází z lokality Šumberova skála, ležící severovýchodně od kamenolomu Hády v Brně, tedy na samém jihu Moravského krasu. Opuštěný lom, ze kterého se vápenec v letech 1816–1818 dobýval, je i v dnešní době v terénu relativně dobře patrný a je možné zde i dnes pozorovat lavicovité odkryvy horniny obsahující fosilní zbytky korálů, ramenonožců, či stromatopor, viditelných zejména na ovětralých plochách kamene.

Hlavní složkou vápence je uhličitán vápenatý (CaCO_3), který v případě tzv. organogenních vápenců pochází z rozpuštěných schránek fosilních organismů usazených v mořském prostředí. Z mineralogického hlediska je vápenec

Souřadnice: N 49°11,452', E 16°36,340'



tvořen minerálem kalcitem. Ačkoliv kalcit za normálních podmínek tvoří bílé krystaly, šedivé zbarvení vápence je způsobeno příměsí organické hmoty pocházející z rozložených organismů. Čistý krystalický kalcit bílé barvy lze ve vápenci pozorovat jako výplň dutinek anebo puklin v podobě drobných žilek, kterými je památník doslova protkán.

Na přístupném podstavci obelisku v Denisových sadech lze pozorovat relativně velké a dobře patrné fosílie korálů, mechovek, ramenonožců a stromatopor. Koráli jsou mořští živočichové (nikoliv rostliny, jak se někdo může dle vzhledu domnívat), jejichž tělo sestává z vápenaté schránky (tzv. koralit), zpravidla rozdělené několika příčnými a podélnými přepážkami. V korálových vápencích Moravského krasu lze vyčlenit dva hlavní typy zkamenělých

korálů – koráli drsnatí (rugosní) a deskatí (tabulátní). Rugosní koráli žili soliterním způsobem, tedy byli k mořskému dnu přisedlí jednotlivě. Měli nejčastěji kalichovitý, rohovitě prohnutý nebo válcovitý tvar. Na obelisku lze pozorovat četné zaoblené útvary, které představují příčné průřezy jejich schránkami s dobře viditelným systémem vnitřních přepážek. Tabulátní koráli žili v koloniích, které měly velký význam pro tvorbu korálových útesů. V rámci jedné kolonie se vyskytovali buď volně, nebo byli navzájem kompaktně propojeni. Neměli tak dobře vyvinutý systém přepážek jako koráli rugosní, ale mohly se u nich vytvořit trubicovité kanálky, které propojovaly jednotlivce v rámci kolonie a sloužily ke vzájemné komunikaci. Ve zkamenělé podobě je nejčastěji nacházíme jako řetízky jednotlivých koralitů, nebo ve formě sítě hexagonálních či jiných útvarů, mnohdy připomínajících včelí plástve.



Mechovky jsou drobní vodní (mořští i sladkovodní) bezobratlí živočichové žijící v koloniích přisedlým způsobem. Objevují se v různých hloubkách, a to od pobřeží až zhruba do 5000 m pod hladinou. Nejčastěji bývají přisedlé na dně, ale mohou nasedat i na schránky jiných organismů. Podobně jako tabulátní koráli vytvářejí útesotvorné síťovité struktury složené z mnoha jedinců (tzv. zoária). Na rozdíl od tabulátních korálů však nejsou mechovky doposud vyhynulé. Zoária mívají nejčastěji rozvětvený nebo kapradinovitý tvar, avšak ve zkamenělé

podobě se obvykle dochovaly pouze jejich části. Na památníku v Denisových sadech fosílie mechovek připomínají kusy tkaniny s jemnými otvory, jako například útržky obvazu.



Ramenonožci jsou prvohorní vyhynulí živočichové, kteří žili přisedlým způsobem na mořském dně. Jejich vápnité schránky jsou velmi podobné lasturám současných mlžů, avšak nejsou s nimi blízké příbuzní a jejich vnitřní anatomie se zcela liší. Zásadní rozdíl spočívá v odlišné velikosti jednotlivých částí skořápky. Břišní miska ramenonožců je větší než miska hřbetní, což lze při správné orientaci fosílie dobře pozorovat na plochách vápencových kvádrů obelisku.



Fosílie ramenonožce ve vápenci na obelisku v Denisových sadech (foto Gosia Szykowna).

Stromatopory jsou vyhynulí bezobratlí živočichové, kteří žili v prvohorách přisedle na dně moře. Vápnité schránky stromatopor nabývají nejrůznějších tvarů. Mohou být kulovité, vejčité, bochníkovité, destičkovité,

rozvětvené nebo hruškovité. Velikost schránek se pohybuje v řádech milimetrů až metrů, v průměru okolo 10 cm. Na průřezu zkamenělých schránek je možné pozorovat soustředné zvlňené struktury, které lze přirovnat například ke zvrstvené stavbě rozkrojené hlávky zelí. Ve fosilní podobě na obelisku v Denisových sadech mohou bochníkovité tvary schránek zdánlivě připomínat lastury dnešních mlžů.



OKRUH 4: Metamorfované horniny

1) Fylit s granáty

Lokalita: obložení indické restaurace Namaskar, Smetanova 3, Brno

Souřadnice: N 49°12,059', E 16°36,043'

Na obložení budovy indické restaurace Namaskar na ulici Smetanova byly použity hrubě opracované destičky z horniny označované jako fylit. Její estetičnost je dána především hedvábně lesklým vzhledem, mírným provrásněním a také přítomností drobných krystalů granátů.

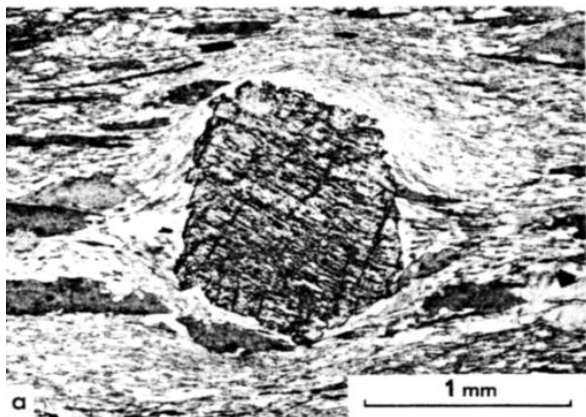


Fylit vzniká přeměnou jílovitých či prachovitých hornin za nižších teplot a tlaků. Tyto podmínky metamorfózy se označují jako facie zelených břidlic. Typickou vlastností fylitu je břidličnatá

textura, která vzniká paralelním uspořádáním lupínkovitých minerálů (zejména slíd) v důsledku působení orientovaného tlaku. Jelikož byl tlak relativně nízký, jednotlivé vrstvy horniny byly pouze mírně zvrásněny. Díky své břidličnatosti se hornina snadno štípe v destičkách, které se používají např. pro výrobu střešních krytin (pokrývačské břidlice) nebo jako obkladový kámen.

Nejvíce zastoupeným minerálem ve fylitu je velmi jemnozrnná světlá slída, která se označuje jako sericit. V podstatě se jedná o submikroskopické lupínky muskovitu, které dodávají hornině typický hedvábný lesk. Hojně zastoupené jsou také minerály ze skupiny chloritu. Chlority jsou strukturně podobné slídám. Společně se řadí mezi tzv. fylosilikáty (z řeckého *fylo* – lupen), což jsou vrstevnaté minerály tvořící měkké lupínkovité krystaly. Na rozdíl od slíd ale neobsahují alkálie, jako například sodík

nebo draslík. Méně zastoupen je ve fylitu křemen, tmavá slída (biotit) a v nepatrném množství též sodný živec označovaný jako albit. Výše uvedené minerály však není možné snadno rozlišit pouhým okem, lze je pozorovat pouze jako jednolitou základní tkáň, která se u metamorfovaných hornin označuje jako matrix.



Ukázka rotovaného porfyroblastu granátu.

Oproti tomu výskyt granátů ve fylitech není příliš běžný. Jedná se o zcela nově vykrystalizované minerály, které jsou ve srovnání s matrix výrazně větší a označují se jako tzv. porfyroblasty. Během metamorfózy došlo k přeměně původních

jílových minerálů, které již byly za zvýšených teplotně-tlakových podmínek nestabilní, a ze zbylých chemických prvků, které se nezavázaly do žádných z přeměněných minerálů v jemnozrnné matrix, vykrystalizovaly právě granáty. Ty lze v hornině pozorovat pouhým okem v podobě dobře omezených krystalů nebo zaoblených zrn.

V důsledku působení tlaku při metamorfóze mohlo dojít k jejich rotaci, která se projevuje zprohýbáním lupínkovitých minerálů v bezprostředním okolí granátu. Z chemického hlediska se jedná zpravidla o almandiny, což jsou granáty bohaté na železo a hliník $[\text{Fe}_3\text{Al}_2(\text{SiO}_4)_3]$. Granáty z fylitu výrazně vystupují na povrch, což je způsobeno jejich přednostním vyvětráváním, jelikož jsou mnohem tvrdší a odolnější než okolní fylsilikáty. U některých granátů v hornině si lze povšimnout i chemického zvětrávání na oranžový limonit (směs oxidů a hydroxidů železa), který vzniká z uvolněného železa z almandinů v důsledku působení vzduchu a vody.

2) Červená migmatitická ortorula s černými restity

Lokalita: obložení domu na rohu ulice Kozí a Koblišná, Kozí 2/Koblišná 5, Brno

Souřadnice: N 49°11,721', E 16°36,592'

Obložení budovy na nároží ulice Kozí a Koblišná je tvořeno výrazně zvrásněným, pestře zbarvenou migmatitickou ortorulou. Nejčastěji narůžověle nahnědlá až červená hornina má proměnlivé zbarvení podle převládajících minerálů. Narůžovělý odstín je způsoben draselným živcem (ortoklasem), červenou barvu dodává přítomnost granátů, šedá je způsobená křemenem a černá zrna jsou tvořena

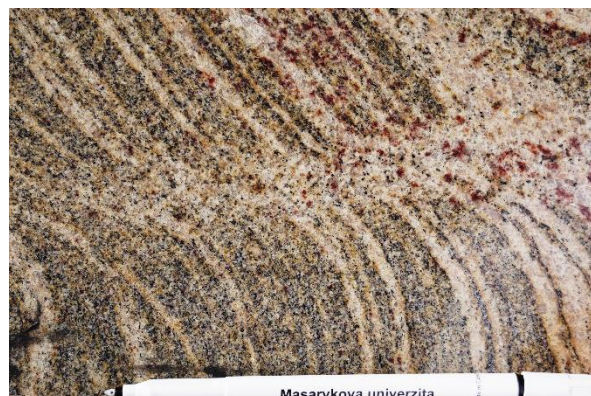
amfiboly a tmavou slídou (biotit). Za výrazné zvrásnění mohl v minulosti metamorfní proces. Ortorula obecně vzniká přeměnou granitů v amfibolitové facii (za středních teplot a nízkých nebo středních tlaků). Při vyšších teplotách pak může dojít k částečnému natavení horniny, přičemž dochází k separaci světlé a tmavé složky (leukosom a melanosom). Tmavý melanosom, též označovaný jako restit,

v hornině vytváří výrazné černé pásy. Čím déle teplota a tlak při metamorfóze působí, tím výrazněji bude výsledná hornina deformována.

Podíváte-li se na obklady zblízka, spatříte v hornině drobnější, avšak barevně nápadná zrna granátů. Granáty jsou minerály objevující se v magmatických, sedimentárních i v metamorfovaných horninách. Jsou to relativně odolné minerály s tvrdostí okolo 6,5–7,5 na Mohsově stupnici tvrdosti, kdy nejměkčí minerály mají tvrdost 1 (např. mastek) a nejtvrdší dosahují hodnoty 10 (např. diamant). Díky vysoké hustotě ($3,4\text{--}4,6\text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}$) se nacházejí v náplavech řek a dají se na některých místech i vyrýžovat. Granáty mohou mít pravidelný krystalický tvar s jasně omezenými plochami a hranami, nebo se naopak mohou objevovat jako nepravidelné agregáty vtroušené v horninách. Složení granátů je variabilní a charakteristicky tvoří pevné roztoky mezi hlavními koncovými členy, např. granát s převahou železa a hliníku ve struktuře je označován jako almandin, manganatý granát má název spessartin, hořečnatý granát je pyrop (známý ze šperkařství jako tzv. český granát), granát s vysokým obsahem vápníku a hliníku je grossulár,

vápenato-železnatý granát se nazývá andradit a chromem bohatý granát se jmenuje uvarovit.

Použitá surovina pochází z lokality Kanakapura v oblasti Karnataka v Indii. Těžba menších i větších monumentálních bloků v Kanakapuře probíhá od 70. let 20. století. Tento typ horniny pochází z více kamenolomů. Bloky horniny bývají nařezány na desky a používány jako obkladový materiál nejčastěji s leštěnou povrchovou úpravou. Materiál je esteticky působivý a velmi oblíbený také na náhrobní desky. Ačkoliv se z geologického hlediska jedná o migmatitickou ortorulu, ve stavebnické praxi bývá hornina nesprávně označována, podobně jako v případě „černé žuly“ na brněnském orloji, jako „červená žula“ (v originálu „multicolour red granite“).



3) Nedvědický mramor

Lokalita: Mariánský sloup, Náměstí Svobody, Brno

Mariánský sloup na Náměstí Svobody v Brně patří mezi nejvýznamnější barokní památky v Brně. Byl postaven v roce 1680 na připomínku odvrácení velké morové epidemie, která zasáhla Brno roku 1679. Jelikož tehdy lidé považovali morovou epidemii za boží trest, modlili se a prosili o

Souřadnice: N 49°11,716', E 16°36,468'

slitování právě Boha a Pannu Marii. Jako poděkování za odvrácení moru byl památník vyzdoben sochami Panny Marie a pěti svatých morových patronů – Františka Xaverského, Karla Boromejského, Rocha, Šebestiána a Rosalie Palermské. Výstavba sloupu je připisována kameníkům

Bartoloměji Rabensteinerovi a Ondřeji Brandtovi, sochařské práce měl původně na starosti sochař Ferdinand Pfaundler. Ten ale v roce 1681 zemřel a do té doby stihl vytvořit pouze sochu Panny Marie a sv. Rosalie. Zbylé sochy postavili sochaři Baltasar Frobel a Jan Kašpar Pröbstl z eggenberského vápence pocházejícího ze Štýrska v Rakousku. Samotný památník měl být původně vybudován ze salcburského mramoru. Doprava suroviny ze Salcburku do Brna se ale zpozdila, a jelikož městská rada brněnská naléhala na brzké dokončení, byl nakonec pro výstavbu sloupu zvolen modrý mramor z relativně nedaleké lokality Nedvědice (okres Žďár nad Sázavou, kraj Vysočina). Nedvědicí mramor (ve starší literatuře označován též jako pernštejnský mramor) je významný pro svou unikátní namodralou barvu. Za příčinu modrého zbarvení jsou považovány defekty ve struktuře kalcitu, nikoliv příměsi jiných minerálů. Princip vzniku modré barvy ale nebyl doposud zcela objasněn.



Odkryv modrého mramoru v kamenolomu Nedvědice (foto Pavla Gürtlerová).

V okolí obce Nedvědice, ležící při hranici geologických jednotek označovaných jako svratecké krystalinikum a moravikum, se nalézají četná čočkovitá tělesa krystalických (metamorfovaných) vápenců (mramorů), uložená v rulách. Jejich stáří se datuje na přelom starohor a prvohor. Na kontaktech mramorů a rul často vznikají erlány s



typickou minerální asociací, konkrétně na lokalitě Nedvědice je reprezentována kalcitem, hessonitem (oranžová odrůda minerálu grossuláru ze skupiny granátů), vesuvianem, wollastonitem, diopsidem aj. V kamenolomu v Nedvědici, jižně od odkryvů modrého mramoru, jsou mramory bílé, místy šedě páskované. V tomto lomu je také odkryt kontakt s migmatity svrateckého krystalinika. Díky své pestré geologii je lokalita oblíbeným místem mineralogů a sběratelů, kteří ji zejména v posledním desetiletí poměrně zdevastovali. Proto je dnes lom je oplocený se zákazem vstupu.

Nedvědicí mramor byl historicky těžen ve velkých blocích ve zmiňovaném lomu v Nedvědici, a dále ve Smrčku a Ujčově již od 16. století pro dekorativní účely, později byl využíván také ve stavebnictví. Zdejší mramory byly použity také na další stavby v okolí, např. na hradě Pernštejn nebo na kostele v Doubravníku.

4) Supíkovecký hrubozrnný šedobílý mramor

Lokalita: obložení oken a dveří obchodů, Dominikánské náměstí 4/Zámečnická 5, Brno

Dvě ne příliš nenápadné budovy s obchody na rohu Dominikánského náměstí a ulice Zámečnická pravděpodobně obyčejného kolemjdoucího na první pohled nezaujmou. Při vstupu do některého z obchodů či při pohledu do výloh však všímavý pozorovatel jistě nepřehlédne esteticky zajímavé obklady oken a dveří, které byly zhotoveny ze supíkoveckého mramoru.

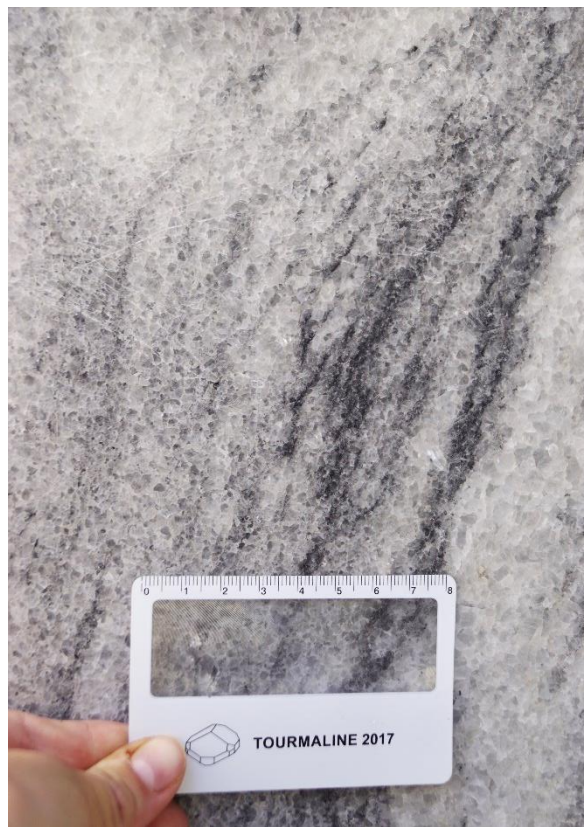
Supíkovecký mramor je středně až hrubě zrnitý, barvu má téměř bílou, šedobílou, tmavě šedou, místy hnědavou nebo zelenošedou a obsahuje hojné tmavé neprůběžné pásy, které zvyšují atraktivitu horniny. Mramor je zbarven do hněda až fialova díky vtroušeným zrnům tmavé slídy (flogopitu), odstín do zelena je způsoben přítomností zrn diopsidu (minerál ze skupiny pyroxenů), šedé až černé zbarvení je zapříčiněno vlivem inkluzí grafitu.

Supíkovecký mramor vznikl v devonu (starší prvohory) rekrystalizací vápence při regionální (plošně rozsáhlé) metamorfóze během variského (hercynského) vrásnění. Má slabě usměrněnou granoblastickou (mozaikovitě zrnitou) strukturu s nízkým podílem silikátů (do 1%), a to hlavně flogopitu, křemene a plagioklasu. Mikroskopicky jej tvoří drobná hypautomorfní (nepravidelně ohraničená) zrna. Mramor je spolu s okolními rulami protkán žilami pegmatitických hornin o mocnostech až v řádech decimetrů.

Těžba supíkoveckého mramoru probíhá nepravidelně v jámovém lomu v Supíkovicích. Další lokality výskytu jsou například ve Velkých Kuněticích a Strachovicích (okres Jeseník, Olomoucký

Souřadnice: N 49°11,649', E 16°36,421'

kraj). Jen v okolí Supíkovic a Velkých Kunětic bylo v roce 1901 devatenáct lomů na mramor. Předpokládá se, že supíkovecká surovina byla na mnoha místech dobývána pravděpodobně již od středověku. Od 19. století byl supíkovecký mramor exportován do zahraničí (na území dnešního Maďarska,



Polska a Ukrajiny). Surovina se dříve používala k pálení vápna a dnes je využívána jako stavební nebo dekorační kámen. Díky estetickému vzhledu suroviny byla a je oblíbená na výrobu soch, pomníků, obkladových a dlažebních desek. Supíkovecký zelený mramor je znám mezi kameníky jako „divoký mramor“, a to díky své vyšší tvrdosti (patrně v důsledku přítomnosti minerálu diopsidu) a špatné leštitelnosti.

5) Světlá páskovaná ortorula s granátem

Lokality:

- Dům U Tří kohoutů, Kapucínské náměstí 1/Masarykova 32, Brno
- podlahy Galerie Vaňkovka, Ve Vaňkovce 1, Brno

Ortorula je přeměněná hornina vzniklá metamorfózou kyselých křemen-živcových magmatických hornin (granitoidů) za středních teplotních a tlakových podmínek. Barva ortoruly se pohybuje od světle šedé, přes žlutohnědou až po načervenalou. Na první pohled zřetelné páskování horniny vzniká střídáním poloh zrnitých a břidličnatě štípatelných pásků s odlišným mineralogickým složením. Světlejší zrnité polohy v ortorule jsou tvořeny deformovaným křemenem a živci, pásy obsahují tmavé nebo i světlé slídy (biotit a muskovit), popřípadě také amfiboly. Orientace foliačních ploch a usměrnění minerálů závisí na směru působení tlaku během metamorfózy. Z dalších minerálů se v ortorulách můžeme setkat například s turmalínem, granáty nebo alumosilikáty (sillimanit a kyanit), které tvoří porfyroblasty, tedy minerály, které jsou

výrazněji větší než zrna základní tkáně horniny (tzv. matrix). Často se jedná o minerály, které se v původní hornině (protolitu) nevyskytovaly, nýbrž byly vytvořeny zcela nově během metamorfózy. V ortorulách běžně převládají železem a hliníkem bohaté granáty – almandiny $[\text{Fe}_3\text{Al}_2(\text{SiO}_4)_3]$. Mají obvykle hnědočervené zbarvení a jejich zrna mohou dosahovat velikostí až 1–2 cm.

Páskovaná ortorula se jako dekorační kámen využívá zejména pro její zajímavý estetický vzhled daný texturou v kombinaci s celkovým zabarvením horniny. Na hodnotě se může významně podílet také přítomnost větších krystalů granátu. V Brně se s použitím ortoruly můžeme setkat jak u historických budov (např. Dům U Tří kohoutů), tak i u moderních staveb (např. Galerie Vaňkovka).

A) Dům U Tří kohoutů

Souřadnice: N 49°11,492', E 16°36,635'

Na nároží Kapucínského náměstí a Masarykovy ulice stojí historická budova známá pod jménem Dům U Tří kohoutů. Dříve se zde nacházel zájezdní hostinec U Tří kohoutů, dnes však budova slouží jako sídlo několika různých společností. Je možné zde navštívit např. rychlé občerstvení McDonald's, londýnskou restauraci Tukan, čajovnu Babylon, optiku, směnárnu nebo únikovou hru.

Původně se jednalo o měšťanský dům, který roku 1795 nechal František Schmidt přebudovat na hostinec. V tehdejší době měl dům dvě patra, kde se nacházela kuchyň, jídelna, velká hodovní síň, pokoje pro hosty a byty pro zaměstnance. Suterén byl využíván především jako pivní sklep, další menší sklípky sloužily jako stoka, lednice a

sklad pro sudy na víno. Na dlážděném dvoře byla studna, stáje pro koně a parkovací místa pro vozy. Vývěsní štít v prvním patře zdobila železná plastika tří kohoutů. Ačkoliv hostinec dobře prosperoval, pozdější majitelé Stodůlkovi jej nechali roku 1897 zcela srovnat se zemí. Namísto toho zde byla dle projektu vídeňského architekta Jakoba Gartnera vystavěna neobarokní budova, která zde stojí dodnes. Nová budova však již nesloužila k ubytování. Až do roku 2000 zde fungovala restaurace v přízemí, kavárna v patře a pivnice v suterénu, od té doby až do současnosti je dům pronajímán. Jako připomínku původního hostince zhotovil brněnský sochař Josef Rösser barevnou sochu tří kohoutů, která je umístěna na ornamentálním štítu nad nárožní partií zdůrazněné dvěma arkýři, mezi nimiž lze spatřit také drobnou sošku madony z dubového dřeva. V letech 2003–2004 prošel dům kompletní rekonstrukcí.

Exteriér domu je architektonicky rozčleněn na dvě odlišné horizontální části. Zatímco horní patra budovy jsou tvořena nažloutlou fasádou doplněnou o velké množství světle hnědých ozdobných prvků, k obložení spodní partie zahrnující přízemí a první patro byla jako dekorační kámen použita načervenalá, výrazně páskovaná ortorula s nápadně velkými krystaly granátů.



B) Podlahy Galerie Vaňkovka

Souřadnice: N 49°11,327', E 16°36,858'

Historie Vaňkovky se začala psát od roku 1865, kdy Friedrich Wannieck založil malou strojní dílnu se slévárnou na zahradě svého domu na ulici Trnitá. V následujících letech se pod jeho vedením areál i výrobní program postupně rozšiřoval. Továrna se specializovala zejména na výrobu



zemědělských, průmyslových a dřevozpracujících strojů, později se zde začaly vyrábět také parní stroje. Počátkem 90. let 19. století byla do areálu zavedena železniční vlečka. V roce 1897 tehdy 62letý Friedrich Wannieck již dále nechtěl vést stále se rozvíjející podnik, a bohužel ani jeho syn nemohl vedení továrny ze zdravotních důvodů převzít, proto na přelomu 19. a 20. století začala výroba upadat. Počátkem 20. století byl závod připojen k První brněnské strojárně. Areál byl dále stavebně i technologicky rozšířen a začaly se zde vyrábět parní turbíny pro elektrárny a později i pro pohon lodí. V době největšího rozmachu v roce 1925 činila zastavěná plocha všech objektů Vaňkovky

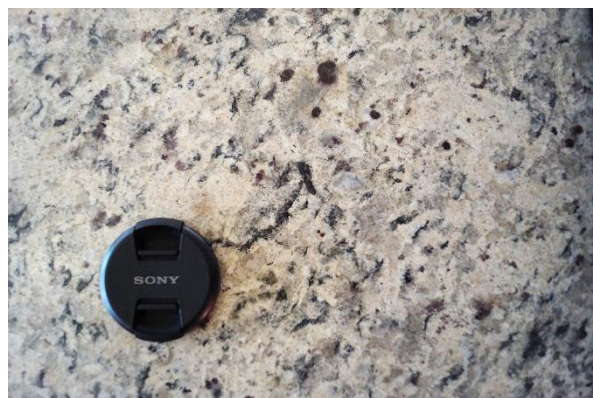
14 700 m² na celkové ploše pozemku asi 30 000 m². V roce 1927 zaznamenala První brněnská strojírna finanční potíže, načež byla továrna shledána technicky zastaralou a byla navržena její likvidace. O tři roky později byl areál uzavřen a v roce 1936 byl podnik prodán České zbrojovce Brno.

Počátkem 40. let byla továrna zrekonstruována a nadále sloužila k výrobě obráběcích strojů. Mezi lety 1967 a 1996 patřila Vaňkovka Zetoru Brno se specializací na výrobu motorů pro lodě a traktory. Vedení města však v 70. letech navrhlo zrušení slévárenské výroby. Poslední historická tavba proběhla roku 1988, poté se výroba postupně přesouvala do závodu v Líšni. Od roku 1990 byla továrna uzavřena a o dva roky později byl areál strojírny a slévárny Vaňkovka prohlášen za kulturní památku. V roce 1994 pak vznikla Nadace Vaňkovka pro záchranu a nové využití areálu. Mezi lety 1996 a 2000 byla Vaňkovka ve vlastnictví Fondu národního majetku a sloužila jako kulturní centrum pro pořádání výstav, workshopů, koncertů a divadelních představení. Poté byla opět uzavřena a převedena do majetku města Brna. Následně se jednalo o další využití areálu, nakonec zvítězil projekt na vybudování obchodního centra Galerie Vaňkovka. Koncem roku 2003 proběhla demolice části areálu a v březnu 2004 byl položen základní kámen stavby Galerie Vaňkovka. Přesně o rok později byla stavba dokončena a nákupní centrum bylo slavnostně otevřeno. Další budovy areálu prošly rekonstrukcí a začaly být využívány jako kulturní středisko a centrum nevládních neziskových organizací Jihomoravského kraje (např. sdružení Práh nebo YMCA).

V nákupním centru Galerie Vaňkovka se můžeme setkat se světle našedivělou ortonulou s nápadnými porfyroblasty

granátů, kde byla použita jako dekorační kámen pro výrobu dlaždic pokrývajících podlahy obou pater budovy na celkové ploše 3600 m². Na přelomu roku 2018 a 2019 byla ortonulová podlaha renovována pomocí diamantového broušení, leštění a impregnace dlaždic, a to především za účelem zlepšení estetičnosti a protiskluznosti.

Ve srovnání s ortonulou použitou k obložení domu U Tří kohoutů je tato světlejší a páskování není tak výrazné. To je způsobeno rovnoměrnější distribucí podobně velkých zrn světlých i tmavých minerálů, avšak metamorfní usměrnění jednotlivých zrn je stále velmi dobře patrné.



Tento typ textury se označuje jako plošně paralelní. Zatímco páskovaná textura u ortonuly vzniká obecně za nižších tlakových podmínek s převahou orientovaného tlaku, k vytvoření plošně paralelních až všesměrných textur dochází spíše ve větších hloubkách, kde jednak převažuje všesměrný litostatický tlak nad tlakem orientovaným, a navíc zde již nevznikají slídy (a další vodou bohaté minerály) v takovém množství, aby mohly vytvořit výrazné segregované páskované polohy. Při dalším nárůstu teplotně-tlakových podmínek by pak ortonula plynule přešla v jemnozrnnější světlý granulit, ve kterém již slídy primárně nevznikají.

Literatura

Horniny brněnského masivu a Moravského krasu:

- Aldridge, R. J. (2005): MICROFOSSILS/Conodonts. – In: Selley, R. C. – Cocks, L. R. M. & Plimer, I. R. (eds): Encyclopedia of Geology, 440–448. Amsterdam.
- Armstrong, H. A. & Brasier, M. D. (2004): Radiozoa (Acantharia, Phaeodaria and Radiolaria) And Heliozoa. – In: Armstrong, H. A. & Brasier, M. D. (eds): Microfossils, 188–199. New Jersey.
- Becker, R. T. – House, M. R. & Kirchgasser, W. T. (1993): Devonian goniatite biostratigraphy and timing of facies movements in the Frasnian of the Canning Basin, Western Australia. – Geological Society, London, Special Publications, **70**, 293–321. Londýn.
- Buriánek, D. (2010): Metamorfované horniny západní části brněnského batolitu. – Acta Musei Moraviae, Scientae geologicae, **95**, 151–170. Brno.
- Dai, T. – Zhang, X. & Peng, S. (in press): Developmental traits and life strategy of redlichiid trilobites. – Biological Reviews. Cambridge.
- Hanžl, P. – Janoušek, V. – Soejono, I. – Buriánek, D. – Svojtka, M. – Hrdličková, K. – Erban, V. & Pin, C. (2019): The rise of the Brunovistulicum: age, geological, petrological and geochemical character of the Neoproterozoic magmatic rocks of the Central Basic Belt of the Brno Massif. – International Journal of Earth Sciences, **108**, 1165–1199. Berlín.
- Houzar, S. – Hršelová, P. – Gilíková, H. – Buriánek, D. & Nehyba, S. (2017): Přehled historie výzkumů permokarbonských sedimentů jižní části Boskovické brázdy (část 2. Geologie a petrografie). – Acta Musei Moraviae, Scientae geologicae, **102**, 3–65. Brno.
- Kotík, P. (2007): Minerální asociace pegmatitů a puklin brněnského masívu v kamenolomu v Dolních Kounicích. – MS, bakalářská práce. Přírodovědecká fakulta, Masarykova univerzita, Brno.
- Krmíček, L. – Horák, V. – Kuboušková, S. & Petružálek, M. (2017): Behaviour of Multicomponent Geomaterials: Pilot Experimental Study in Rock Mechanics. – Procedia Engineering, **191**, 31–35. Amsterdam.
- Krmíčková, S. (2020): Původ a prevariský vývoj brunovistulického mikrokontinentu – rešeršní část. – MS, rešerše k disertační práci. Přírodovědecká fakulta, Masarykova univerzita, Brno.
- Kubeš, M. (2017): Magnetická susceptibilita granitoidních hornin východní části brněnského masivu a její příčiny. – MS, diplomová práce. Přírodovědecká fakulta, Masarykova univerzita, Brno.
- Leichmann, J. & Höck, V. (2008): The Brno Batholith: an insight into the magmatic and metamorphic evolution of the Cadomian Brunovistulian Unit, eastern margin of the Bohemian Massif. – Journal of Geosciences, **53**, 281–305. Praha.
- Little, W. W. (2014): Alluvial Fan Systems. – MS, prezentace. College of Physical Sciences and Engineering, Brigham Young University-Idaho, Rexburg.
- Lukosz, R. (2018): Ostrakodi z křtinských vápenců od Křtin (devon–karbon). – MS, rešerše k bakalářské práci. Přírodovědecká fakulta, Masarykova univerzita, Brno.
- Nadhira, A. – Sutton, M. D. – Botting, J. P. – Muir, L. A. – Gueriau, P. – King, A., Briggs, D. E. G. – Siveter, David J. & Siveter, Derek J. (2019): Three-dimensionally preserved soft

- tissues and calcareous hexactins in a Silurian sponge: implications for early sponge evolution. – Royal Society open science, **6**, 190911. Londýn.
- Nicol, A. & Childs, C. (2018): Cataclasis and silt smear on normal faults in weakly lithified turbidites. – Journal of structural geology, **117**, 44–57. Amsterdam.
 - Ozawa, H. (2013): The history of sexual dimorphism in Ostracoda (Arthropoda, Crustacea) since the Palaeozoic. – In: Moriyama, H (ed.): Sexual dimorphism, 51–80. Londýn.
 - Přichystal, A. (2016): Po čem v Brně chodíme. – MS, prezentace. Přírodovědecká fakulta, Masarykova univerzita, Brno.
 - Thurman, H. V. & Trujillo, A. P. (2005): Oceánografie. – Computer Press. Brno.
 - Timmerman, M. J. – Krmíček, L. – Kuboušková, S. – Sláma, J. & Sobel, E. (2018): LA-ICP-MS U-Pb zircon provenance of the Lower Palaeozoic “basal clastics” sediment cover of the Slavkov Terrane, Brunovistulian microcontinent – preliminary results. – In: Kuboušková, S. & Krmíček, L. (eds): Proceedings of the Brunovistulicum 2018, 19–28. Brno.
 - Wertich, V. (2012): Charakteristika a rozlišení kulmských hornin používaných v eneolitu na Opavsku, Krnovsku a v Hlinsku u Lipníku nad Bečvou. – MS, diplomová práce. Přírodovědecká fakulta, Masarykova univerzita, Brno.
 - Zachovalová, K. & Leichmann, J. (2004): Příspěvek k poznání provenience valounů ve slepencích svrchnovíséského stáří na Dražanské vrchovině: V. durbachity. – Acta Musei Moraviae, Scientiae Geologicae, **89**, 161–172. Brno.

Horniny Českého masivu:

- Emery, A. (2020): Glacial Erratics. – www.antarcticglaciers.org/glacial-geology/glacial-landforms/glacial-depositional-landforms/glacial-erratics. 14. 10. 2022.
- Eyden, P. (2019): Nautiloids: The First Cephalopods. – The Octopus News Magazine Online. – www.tonmo.com/articles/nautiloids-the-first-cephalopods.36. 9. 10. 2022.
- Hercík, R. (2015): Využití buližníkových lokalit na Plzeňsku při výuce. – MS, bakalářská práce. – Fakulta pedagogická, Západočeská univerzita v Plzni, Plzeň.
- Chamra, S. – Kovářová, K. & Hrubý, V. (2011): Návštěva horninového mikrosvěta. – České vysoké učení technické. Praha.
- Krmíček, L. (2022): Vulkanismus: vnitřní energie Země. – Věda kolem nás – co to je, **118**, 1–28. Praha.
- Laibl, L. (2014): Geologická mapa Barrandienu [1:400 000]. – Univerzita Karlova. Praha.
- Masarykova univerzita (2014): Geopark. – www.collections.muni.cz/cs/geopark. 7. 6. 2022.
- Melichar, R. – Černý, J. – Knížek, M. – Plchová, L. – Kumpan, T. – Sokol, L. & Holečková, S. (2015): Historií naší planety: Průvodce geoparkem PŘF MU v Brně. – Masarykova univerzita. Brno.
- Šarounová, I. (2015): Cesta mrákotínského monolitu z lomu do Telče trvala čtyřicet dva dní. Podařilo se to až napodruhé. – www.vysocina.rozhlas.cz/cesta-mrakotinskeho-monolitu-z-lomu-do-telce-trvala-ctyricet-dva-dni-podarilo-se-7126442. 15. 10. 2022.
- Zachariáš, J. – Adamovič, J. & Konečný, P. (2008): The uraninite–pyrite association, a sensitive indicator of changes in Paleofluid composition: An example from the Ohře (Eger) Graben, Bohemian Massif, Czech Republic. – The Canadian Mineralogist, **46**, 1159–1172. Québec.

Magmatické horniny:

Tmavý syenit – durbachit:

- Burian, A. (2013): Granitoidy zóny Niemcza – sv. pokračování pásu „durbachitických“ hornin evropských variscid? – MS, rešerše k diplomové práci. Přírodovědecká fakulta, Masarykova univerzita, Brno.
- Holub, F. V. (1997): Ultrapotassic plutonic rocks of the durbachite series in the Bohemian massif: Petrology, geochemistry and petrogenetic interpretation. – Sborník geologických věd, **31**, 5–26. Praha.
- Krmíček, L. (2015): Posouzení vlivu přítomnosti kompozičně odlišných enkláv na fyzikálně-mechanické vlastnosti základových hornin z žulového a syenitového masivu: pilotní studie z ČR. – MS, habilitační práce. Fakulta stavební, Vysoké učení technické v Brně, Brno.

Gabro alias „černá žula“ typu Nero Assoluto Zimbabwe:

- Němčík, B. (1995): Švédové před Brnem 1645. – Bpress. Brno.
- Le Maitre, R. W. – Streckeisen, A. – Zanettin, B. – Le Bas, M. J. – Bonin, B. – Bateman, P. – Bellieni, G. – Dudek, A. – Efremova, S. – Keller, J. – Lameyre, J. – Sabine, P. A. – Schmid, R. – Sørensen, H. & Wooley, A. R. (2002): Igneous rocks: A classification and glossary of terms. Recommendations of the International Union of Geological Sciences. Subcommission on the Systematics of Igneous rocks. – Cambridge University Press. Cambridge.
- Statutární město Brno (2010): Sejdeme se pod hodinami + návod, jak na nich zjistit čas. – www.brno.cz/brno-aktualne/co-se-deje-v-brne/a/sejdeme-se-pod-hodinami-navod-jak-na-nich-zjistit-cas. 13. 12. 2021.

Tmavý syenit – larvikit:

- Heldal, T. – Kjølle, I. – Meyer, G. B. & Dahlgren, S. (2008): National treasure of global significance. Dimension-stone deposits in larvikite, Oslo igneous province, Norway. – Geological Survey of Norway Special Publication, **11**, 5–18. Trondheim.

Liberecká žula:

- Klomínský, J. – Schovánek, P. – Jarchovský, T. – Sulovský, P. & Toužimský, M. (2007): Kontakt tanvaldského a libereckého granitu u Jablonce nad Nisou. – Zprávy o geologických výzkumech v roce 2006, **40**, 24–29. Praha.
- Květ, R. (2005): Z bronzu a kamene. – Nakladatelství Šimon Ryšavý. Brno.
- Žitný, T. & Klomínský, J. (2018): Výzkum magnetické susceptibility granitů v západní části krkonošsko-jizerského kompozitního masivu. – Zprávy o geologických výzkumech, **51**, 157–162. Praha.

Sedimentární horniny:

Vápenec typu „Muschelkalk“:

- Daniel, P. (2020): Construction downturn hits Bulgaria's stone firms. – www.litosonline.com/en/article/construction-downturn-hits-bulgarias-stone-firms. 14. 11. 2022.

- Chisholm, H. (1911): Encyclopædia Britannica (11th ed.). – Cambridge University Press. Cambridge.
- Mrázek, I. (1993): Kamenná tvář Brna. – Moravské zemské muzeum. Brno.
- Pelčák, P. – Wahla, I. & Šlapeta, V. (1999): Jan Víšek 1890–1966. Obecní dům Brno. Brno.

Krinoidový vápenec:

- Česká geologická služba (1998): Stránská skála. – www.lokalita.geology.cz/784. 14. 11. 2022.
- Česká geologická služba (2009): Obchodní název: krinoidový vápenec. – www.geology.cz/app/eurolithos/dk.cz.pl?tt=p&iddk=10171. 14. 11. 2022.
- Hunter, A. W. (2020): Ancient sea creatures spent years crossing the ocean on rafts – we've worked out how it was possible. – www.phys.org/news/2020-08-ancient-sea-creatures-spent-years.html. 14. 11. 2022.
- Mrázek, I. & Rejl, L. (2010): Drahé kameny Moravy a Slezska. – Aventinum. Praha.
- Petránek, J. – Březina, J. – Břízová E. – Cháb, J. – Loun, J. & Zelenka, P. (2016): Encyklopedie geologie. – Česká geologická služba. Praha.
- Vávra, J. & Štelcl, J. (2014): Významné geologické lokality Moravy a Slezska. – Masarykova univerzita. Brno.

Božanovský pískovec:

- Görtlerová, P. (2019): Lom Božanov. – www.lokalita.geology.cz/4166. 14. 11. 2022.
- Horáková, H. – Horák, R. – Sazama, M. – Sazama, E. – Zvolská, T. – Winter, R. & Doležal, P. (2016): Památník sv. Cyrila a Metoděje v Brně na Petrově. – www.kamkabi.net/pamatnik-sv-cyrila-a-metodeje-v-brne-na-petrove. 14. 11. 2022.
- Mrázek, I. (1993): Kamenná tvář Brna. – Moravské zemské muzeum. Brno.
- Price, M. & Walsh, K. (2006): Horniny a minerály. – Slovart. Praha.
- Petránek, J. – Březina, J. – Břízová E. – Cháb, J. – Loun, J. & Zelenka, P. (2016): Encyklopedie geologie. – Česká geologická služba. Praha.

Devonský vápenec s fosíliemi:

- Fairbridge, R.W. (1979): Encyclopedia of Paleontology. – Springer. Berlín.
- Kotlík, P. (1999): Stavební materiály historických objektů. – Vysoká škola chemicko-technologická v Praze. Praha.
- Mrázek, I. (1993): Kamenná tvář Brna. – Moravské zemské muzeum. Brno.
- Turistické informační centrum města Brna (2020): Geostezka centrem Brna – Denisovy sady. – www.gotobrna.cz/misto/geostezka-centrem-brna-denisovy-sady. 7. 12. 2021.

Metamorfované horniny:

Fylit s granáty:

- Buriánek, D. – Verner, K. & Mrázová, Š. (2013): Strukturní a metamorfní vývoj severozápadní části krkonošsko-jizerského krystalinika (v okolí Lázní Libverda). – Bulletin Mineralogicko-petrologického oddělení Národního muzea v Praze, **21**, 179–190. Praha.
- Olesen, N. Ø. (1982): Heterogeneous strain of a phyllite as revealed by porphyroblast-matrix relationships. – Journal of Structural Geology, **4**, 481–490. Amsterdam.

Červená migmatitická ortorula s černými restity:

- International Granites (2020): Multicolour Red Granite From India. – <https://igranites.com/multicolour-red.html>. 14. 11. 2022.
- Price, M. & Walsh, K. (2006): Horniny a minerály. – Slovart. Praha.

Nedvědecký mramor:

- Česká geologická služba (1998): Nedvědice. – <http://lokality.geology.cz/967>. 14. 11. 2022.
- Houzar, S. – Novák, M. – Doležalová, H. – Hrazdil, V. & Pfeiferová, A. (2006): Přehled mineralogie, petrografie a geologie nedvědeckých mramorů, svratecké krystalinikum. – Acta Musei Moraviae, Scientiae Geologicae, **91**, 3–77. Brno.
- Mrázek, I. & Rejl, L. (2010): Drahé kameny Moravy a Slezska. – Aventinum. Praha.
- Navrátilová, K. (2012): Mariánský sloup na náměstí Svobody v Brně. – MS, bakalářská práce. Filozofická fakulta, Masarykova univerzita, Brno.
- Vávra, V. & Štelcl, J. (2014): Významné geologické lokality Moravy a Slezska. – Masarykova univerzita. Brno.

Supíkovičky hrubozrnný šedobílý mramor:

- Mrázek, I. & Rejl, L. (2010): Drahé kameny Moravy a Slezska. – Aventinum. Praha.
- Správa jeskyní České republiky (2022): Jeskyně Na Špičáku – Okolí. – www.caves.cz/jeskyne/jeskyne-na-spicaku/okoli. 14. 11. 2022.
- Petránek, J. – Březina, J. – Břízová, E. – Cháb, J. – Loun, J. & Zelenka, P. (2016): Encyklopedie geologie. – Česká geologická služba. Praha
- Žáček, V. (2002): Základní geologická mapa České republiky 1: 25 000 s Vysvětlivkami. List 14-222 Vidnava. – Česká geologická služba. Praha.

Světlá páskovaná ortorula s granátem:

- FORM ARCH (2014): Dům U Tří kohoutů. – www.formarch.cz/rekonstrukce/dum-u-tri-kohoutu-brno. 27. 5. 2022.
- Galerie Vaňkovka Brno (2021): Historie Vaňkovky. – www.galerie-vankovka.cz/o-centru/historie-vankovky. 6. 6. 2022.
- Halusková, T. (2012): Jakob Gartner, architekt Moravy a Slezska. – MS, bakalářská práce. Filozofická fakulta, Univerzita Palackého, Olomouc.
- Kadlec T. (2017): Výskyty granátů ve Vlastějovicích. – Minerál, **25**, 4. České Budějovice.
- Orságová, D. (2010): Brněnské podzemí. – MS, bakalářská práce. Pedagogická fakulta, Masarykova univerzita, Brno.
- Orságová, D. (2012): Monumentální umění v Brně. – MS, diplomová práce. Pedagogická fakulta, Masarykova univerzita, Brno.
- S. U. P. spol. s r. o. (2022): Renovace žulové dlažby Galerie Vaňkovka Brno. – www.superbeton.cz/novinky/renovace-zulove-dlazby. 2. 6. 2022.
- Šamalíková, M. – Locker, J. & Pospíšil, P. (1992): Geologie: učební texty pro studenty kombinovaného a denního studia. – Vysoké učení technické v Brně. Brno.
- Vávra, V. (2013): Ortorula (leukokratní rula). – www.atlas.horniny.sci.muni.cz/metamorfovane/ortorula.html. 31. 5. 2022.