

Neolitická těžba na Bílém kameni u Sázavy nad Sázavou

Neolithic mining in Bílý kámen near Sázava nad Sázavou

BLANKA ŠREINOVÁ^{1)*}, VLADIMÍR ŠREIN²⁾ A ZDENĚK DOLNÍČEK¹⁾

¹⁾Mineralogicko-petrologické oddělení, Národní muzeum, Cirkusová 1740, 193 00 Praha 9;
*e-mail: blanka_sreinova@nm.cz

²⁾Česká geologická služba, Geologická 6, 152 00 Praha 5

ŠREINOVÁ B, ŠREIN V, DOLNÍČEK Z (2018) Neolitická těžba na Bílém kameni u Sázavy nad Sázavou. Bull Mineral Petrolog 26(2): 223-246. ISSN 2570-7337

Abstract

Neolithic mining of marble at Bílý kámen has been known since the 1940s. This study brings new insights into the rocks from which the stone tools used for extraction of white marble were made. Marble was used for production of decorative objects and lime. Bracelets and beads were used as a trade commodity during the younger stage of the culture with Stroked pottery. In this study, the rocks of Neolithic artifacts, along with the rocks from the supposed source sites, were subject of petrological and detailed mineralogical and electron microprobe studies. It has been found that the most commonly used raw material of stone tools is amphibole hornfels (metabasite of Pojizeří type) and amphibolite (from amphibolite bodies near Bílý kámen). Basalt, serpentinite, spilite schalstein and others were also determined.

Key words: Neolithic mining of marble, neolithic stone artifacts, amphibolite, banded amphibolite, amphibole hornfels, metabasite of Pojizeří, Bílý kámen near Sázava nad Sázavou

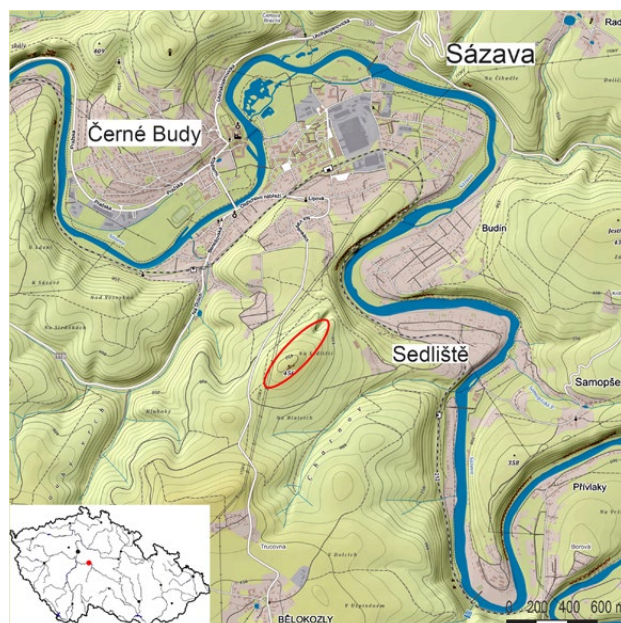
Obdrženo: 15. 10. 2018; přijato: 14. 12. 2018

Úvod

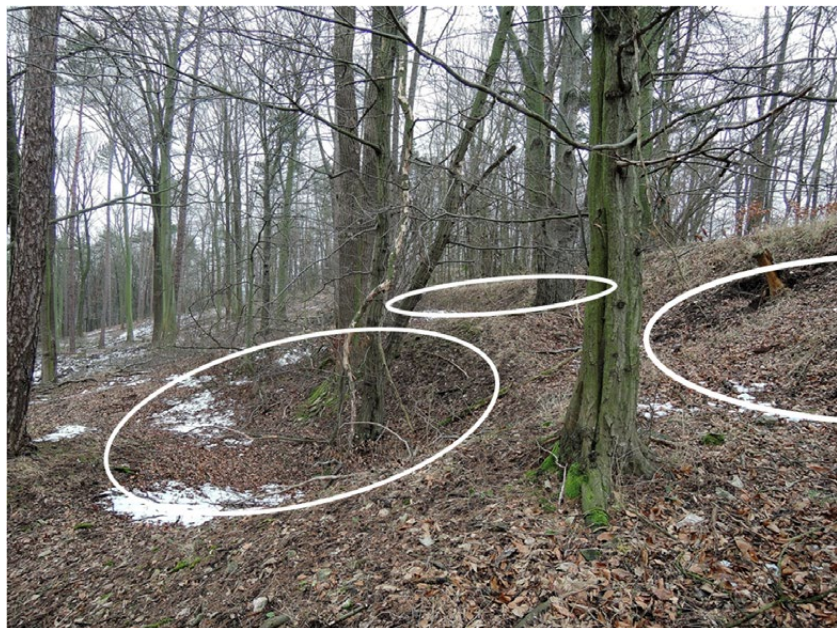
Lokalita, nazvaná díky výskytu bílého mramoru „Bílý kámen“, leží asi 1 km jižně od Sázavy nad Sázavou (obr. 1). Ve vrcholové části hřbetu táhnoucím se směrem JZ - SV jsou zachované stopy těžby ve formě zčásti zasypaných těžebních jam (obr. 2). Mramor se zde dobýval nejen v mladší době kamenné téměř před 7000 lety, ale i ve středověku. Navíc v novověku byly původní těžební jámy porušeny jak ze SV, tak z JZ lomovou těžbou (obr. 3), jejíž ukončení spadá do 50. let minulého století. Dokladem nejstarší těžby jsou hojně se vyskytující zbytky kamenných pracovních nástrojů (obr. 4), které byly během archeologického průzkumu nalezeny nejen v těžebních jamách, ale i v jejich okolí. Charakteristická pro nalezené kamenné nástroje je jejich destrukce a často patrné druhotné použití, v celém souboru nebyl nalezen ani jeden celotvar. Mramor se zde ve zmíněné době těžil nejen k výrobě ozdobných předmětů (masivních náramků a drobnějších korálků, obr. 5), které se staly na omezenou dobu patrně obchodním či směnným artiklem, ale i k výrobě vápna na bílení (Žebera 1939). Na vlastní lokalitě se pomocí zejména amfibolitových nástrojů těžila surovina, která byla upravena do polotovaru příhodného tvaru pro konečný výrobek. Polotovary byly následně přeneseny do sídliště, kde proběhla výroba vlastních ozdobných předmětů. Výrobní sídliště se vyskytují severně od těžební lokality v oblasti jižního Kolínska (obr. 6). Hotové výrobky jsou známé především z mladoneolitických lokalit s vypíchanou keramikou ve středních Čechách, severozápadních Čechách a v Posáli v Německu (Žebera 1939; Zápotocká 1984, 2001).

Autorský kolektiv se zaměřil především na studium horninových pracovních nástrojů, které byly použity k těž-

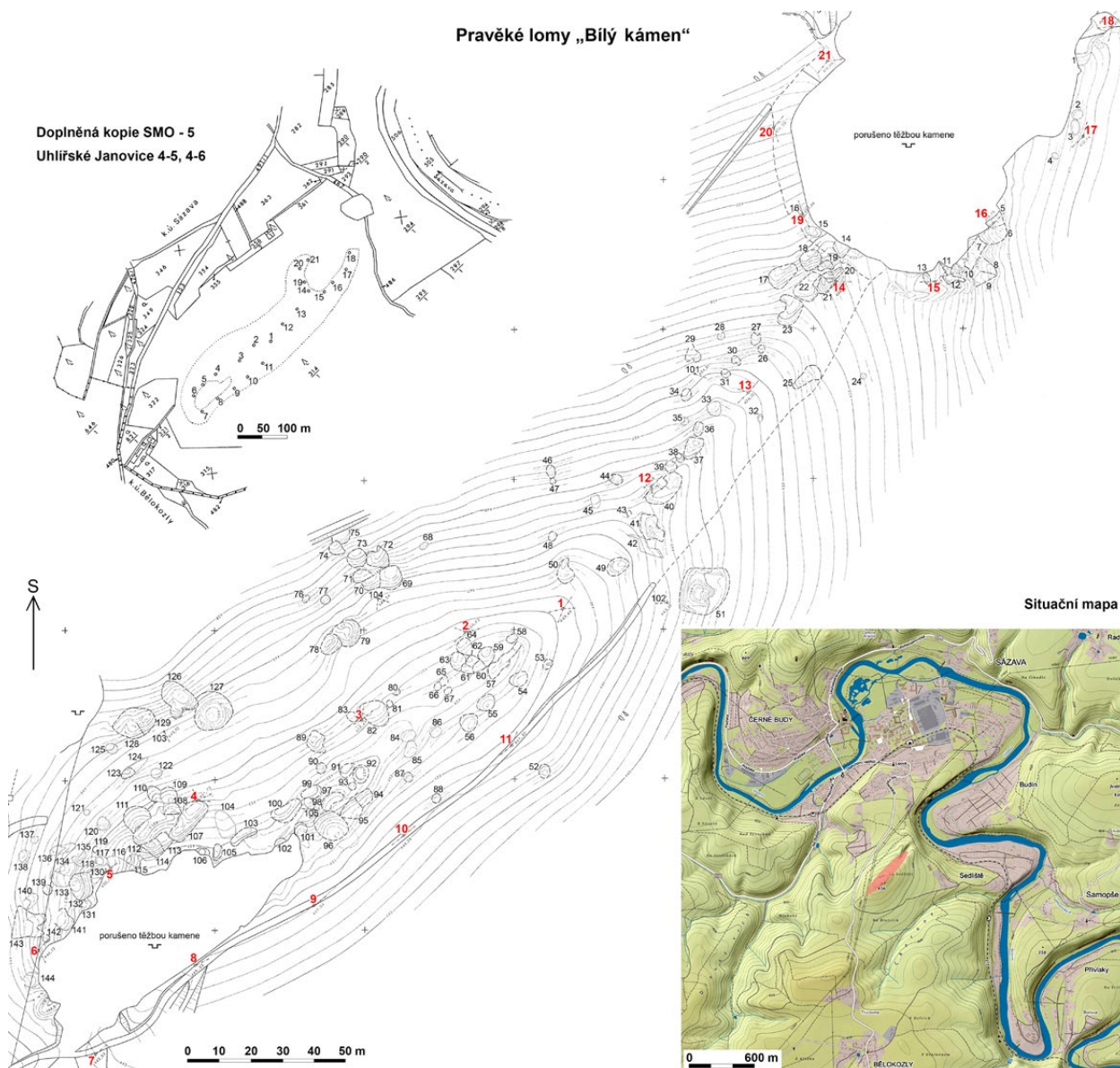
bě mramoru. Pozornost byla zaměřena i na horniny, které mohly sloužit jako surovina pro jejich výrobu. Byla studována kolekce kamenných artefaktů, které jsou uloženy v depozitáři oddělení pravěku a antického starověku Historického muzea Národního muzea (dále HM NM) v Terezíně. Dále byl proveden terénní výzkum na Bílém kameni i v jeho okolí.



Obr. 1 Lokalita Bílý kámen (vyznačena červeně). Upraveno podle www.mapy.cz.



Obr. 2 Pozůstatky po těžebních jamách na Bílém kameni (obrysy jam zvýrazněny bílou elipsou). Foto B. Šreinová, únor 2015.



Obr. 3 Pravěké lomy Bílý kámen, pozůstatky po těžbě. Upraveno podle nepublikovaného obrázku z 60. let minulého století, kdy bylo provedeno zaměření jednotlivých těžebních jam pod dohledem S. Vencla (ústní sdělení T. Davidová).

Historie výzkumu

Nález neolitické a středověké těžební lokality se datuje do 30. let 20. století, kdy byla identifikována a prozkoumána Žeberou (1939). Ten zde v letech 1936 - 1938 odhalil nejen pozůstatky po těžbě ve středověku, ale především po těžbě v neolitu, přičemž uvádí: „*Krystalický vápenec se dobýval na Bílém kameni v období keramiky páskované a nejspíše i v obdobích pozdějších. Pro lomy mladšího data (mladší neolitické, bronzové, starší železné) nejsou zde zatím důkazy. Existenci mladších neolitických lomů však naznačují časté ojedinělé nálezy kamenných nástrojů z mladších neolitických období v okolí městečka Sázavy nad Sázavou.*“ V lomových jamách, které jsou velmi dobře patrné i v dnešní době ve formě mělkých prohlubní, byly nalezeny desítky rozbitých palic a sekeromlatů. Ty byly používány k dobývání mramoru a s určitou dávkou štěstí je můžeme nalézt i v současnosti (obr. 4, část sekeromlatu s označením BK-4). Lomové jámy dosahovaly velikosti 5 - 10 m a hloubky 1 - 3 m, avšak nástroje s nespočetným množstvím úštěpů nalezl Žebera nejen v jamách, ale i v jejich okolí. Nalezené kamenné artefakty rozdělil do několika skupin: surovinu bez patrného opracování; větší amfibolitové vrtané nástroje (na nichž je velmi dobře patrná vývojová řada dokládající různé fáze použití); menší úlomky a odštěpky amfibolitových nástrojů se stopami hlazení, vrtání a podobně; nevrtané amfibolitové palice (původně patrně valounový materiál); větší nevrtané amfibolitové palice, které zhruba připomínají valouny; křemenné, křemencové, žulové a rulové valouny použité jako palice.

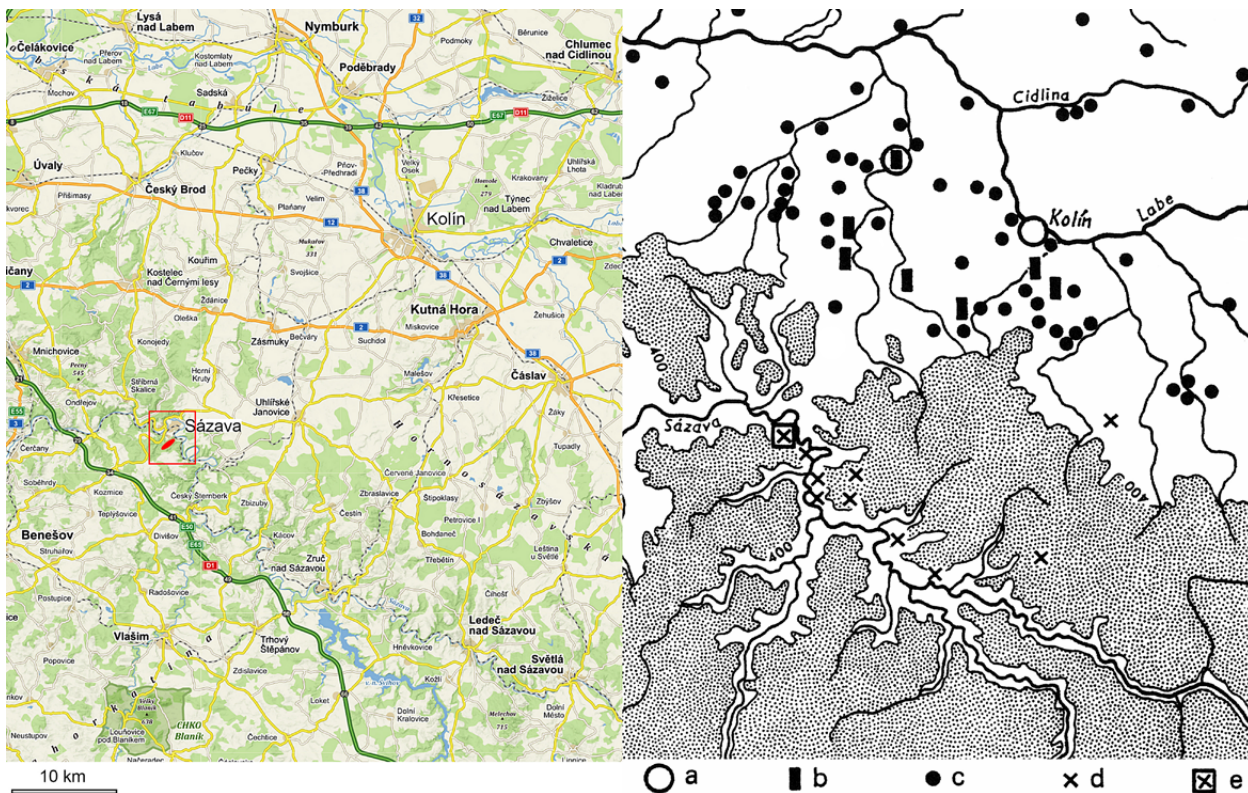
Co se týká proveniencí amfibolitových nástrojů uvádí, že byla v blízkém okolí archeologické lokality východním až jihovýchodním směrem, neboť tam jsou hojné výchozy amfibolitu. S lokalitou Žebera také propojil nálezy ozdobných předmětů z bílého mramoru (náramky a korálky), které byly nalezeny při archeologickém průzkumu například na sídlištích v Kolíně a na Kladensku. Na neolitickou těžbu bílého mramoru a dolomitu v souvislosti s výrobou masivních náramků se zaměřila Zápotocká (1984, 2001). Těžbu, výrobu i distribuci náramků datovala do mladší fáze s vypíchnou keramikou. Doklady o zpracování byly nalezeny pouze na jižním Kolínsku (obr. 6), hotové výrobky uvádí v podstatě na stejných lokalitách jako Žebera (1939). Zápotocká se ve svých pracích opírá i o petrografický rozbor, který dokládá výskyt náramků z Bílého kamene v Německu. Rovněž přibližuje způsob zpracování suroviny na těžební lokalitě a její distribuci do zpracovatelských dílen. O bližší průzkum Bílého kamene se v 60. letech minulého století pokusil Vencel, svůj výzkum však nedokončil. V té době bylo provedeno důkladnější zaměření lokality včetně podrobného zakreslení (obr. 3). I v dalších letech zahájili průzkum na lokalitě další archeologové, avšak jejich práce nebyla prozatím finalizována žádným výstupem. V průběhu let byla archeologickým průzkumem odkryta řada dalších lokalit s výskytem ozdobných předmětů patrně původem z Bílého kamene. Jako příklad lze uvést lokalitu Křimice, kde byly v dětském hrobu nalezeny drobné korálky (Metlička a kol. 2015), jejichž surovina makroskopicky odpovídá mramoru na Bílém kameni.



Obr. 4 Neolitické kamenné artefakty z Bílého kamene. Sekeromlat nalezený během terénního výzkumu na lokalitě v roce 2015 (BK-4) a předměty ze sbírky oddělení HM NM. Nejčastějšími horninami nástrojů jsou amfibolový rohovec z Pojizeří (BK-4, 87840, 87841, 87939 až 87941, 87943 až 87949), amfibolit z Posázaví (87839, 87936 až 87938, 87950) a živcový amfibolit z Posázaví (87942, 87951 a 87952). Foto B. Šreínová.



Obr. 5 Ozdobné předměty patrně původem z Bílého kamene. Archeologické nálezy z Kolínska (náramek a vývrtky, foto T. Davidová) a z Křimic (korálky, foto M. Metlička).



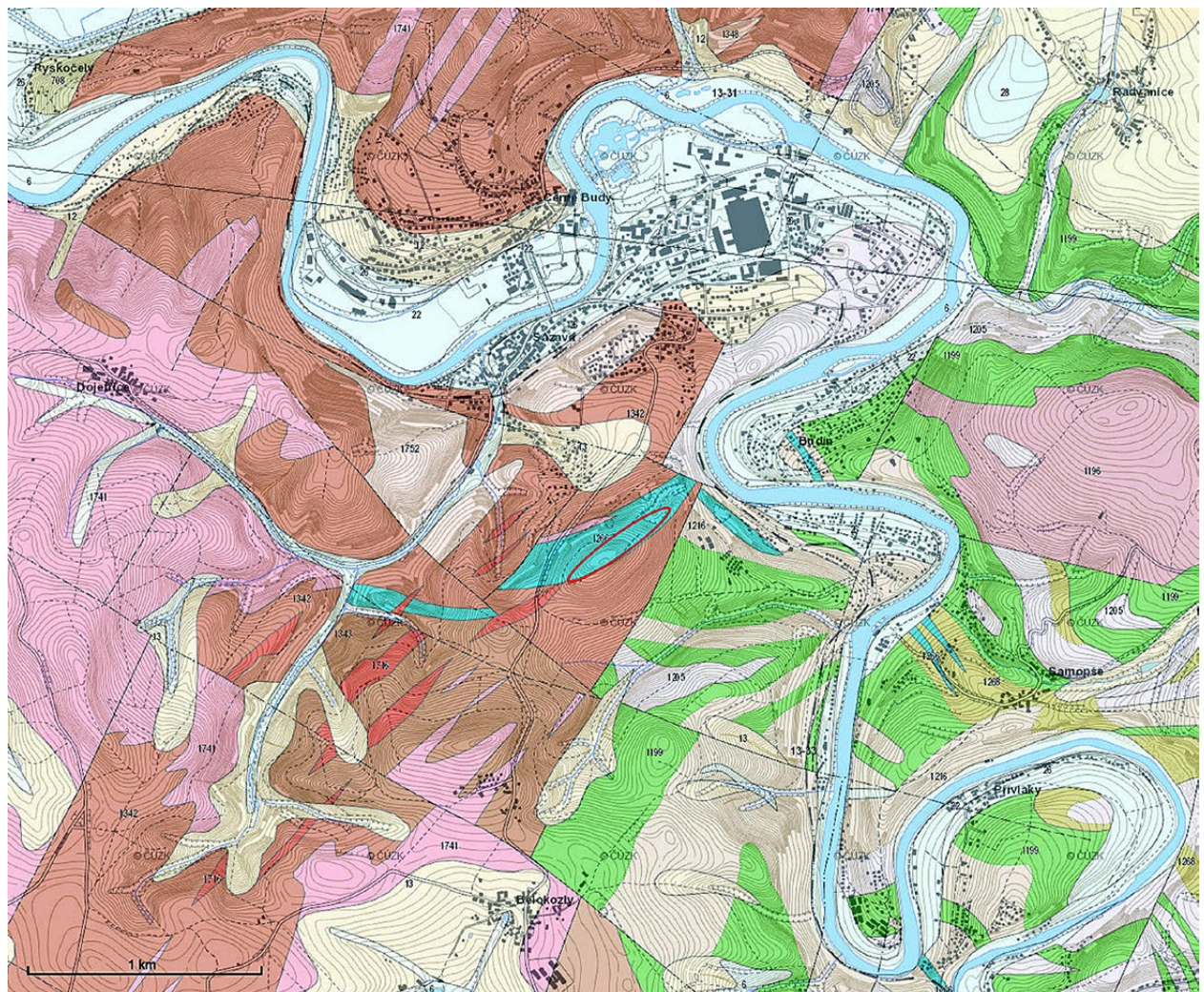
Obr. 6 Neolitické osídlení v období s vypichanou keramikou na území mezi Sázavou a Labem (upraveno podle www.mapy.cz a Zápotocké 2001). Levý obrázek s vyznačenou lokalitou Bílý kámen plošně odpovídá pravému obrázku; a - nálezy mramorových náramek; b - vývrtky; c - sídliště s vypichanou keramikou; d - výchozy mramorů a dolomitů na řece Sázavě; e - Bílý kámen.

Geomorfologie a geologie

Bílý kámen se nachází ve výšce 420 - 450 m n. m. V mapě je označena patrně s ohledem na blízkost osady Sedliště jako poloha „Na Sedlišti“. Geomorfologicky je součástí Benešovské pahorkatiny (vyššími celky jsou Středočeská pahorkatina; Česko-moravská subprovincie).

V oblasti jsou zastoupeny dvě základní geologické jednotky – moldanubikum a kutnohorské krystalinikum, přičemž Bílý kámen se nachází v blízkosti jejich rozhraní (obr. 7). Mramorová poloha tvoří čočku směru SV - JZ v metamorfní jednotce moldanubika, která je zde tvořena především pararulou. Na SV i JZ na metamorfní jednotku moldanubika navazují (nebo ji prolínají) magmatity moldanubika, které jsou tvořeny svrchnopaleozoickým žilným granitem (čočky protažené směrem SV - JZ v metamorfované jednotce moldanubika), biotito-muskovitovým až biotitovým granitem a granitem tzv. kšelského typu. Tektonická linie směru SSV - JJZ odděluje moldanubikum (na západě) od staršího proterozoického až spodnopaleozoického kutnohorského krystalinika (na východě). To je zde tvořeno především amfibolitem (masivním i páskovaným), dvojslídnu až biotitovou pararulou s amfibolem, dvojslídnu svorem, dvojslídnu ortorulou a dvojslídnu migmatitem až ortorulou. Celá oblast je silně tektonicky porušená. Výše zmíněná geologická stavba zájmové oblasti (vycházející z geologické mapy publikované na <https://mapy.geology.cz/geocr50>) je velmi komplikovaná a není všemi geology jednotně interpretovaná. Významná část autorů navazuje na práci Synka a Oliveriové (1993), kteří zařazují kutnohorské krystalinikum k tzv. gřohlské jednotce moldanubika, přičemž předpokládají existenci hluboce založených příkrovů. Novák a Vrbová (1994) vymezují ratajskou zónu, která je především na j. okrajové části krystalinika (mj. i v oblasti

ského typu. Tektonická linie směru SSV - JJZ odděluje moldanubikum (na západě) od staršího proterozoického až spodnopaleozoického kutnohorského krystalinika (na východě). To je zde tvořeno především amfibolitem (masivním i páskovaným), dvojslídnu až biotitovou pararulou s amfibolem, dvojslídnu svorem, dvojslídnu ortorulou a dvojslídnu migmatitem až ortorulou. Celá oblast je silně tektonicky porušená. Výše zmíněná geologická stavba zájmové oblasti (vycházející z geologické mapy publikované na <https://mapy.geology.cz/geocr50>) je velmi komplikovaná a není všemi geology jednotně interpretovaná. Významná část autorů navazuje na práci Synka a Oliveriové (1993), kteří zařazují kutnohorské krystalinikum k tzv. gřohlské jednotce moldanubika, přičemž předpokládají existenci hluboce založených příkrovů. Novák a Vrbová (1994) vymezují ratajskou zónu, která je především na j. okrajové části krystalinika (mj. i v oblasti



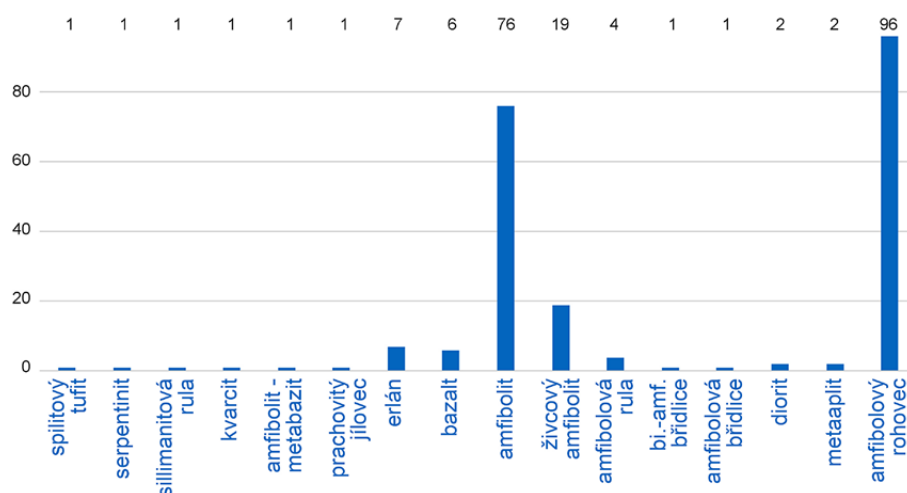
| KVARTÉR | PALEOZOIKUM | Kutnohorské krystalinikum | Moldanubikum |
|---|---|--|---|
| <ul style="list-style-type: none"> nivní sediment (6) smíšený sediment (7) písč.-hl. až hl.-písč. sedim. (12) kam. až hl.-kam. sedim. (13) písek, štěrky (22, 26, 28) | <ul style="list-style-type: none"> karbon, perm žilný granit (1716) bi-ms až bi granit (1741) granit, kšelský typ (1752) PALEOZOIKUM až PROTEROZOIKUM kvarcitic bi-ms fylit (708) | <ul style="list-style-type: none"> dvojslídnu ortorula (1196) amfibolit (1199) dvojslídnu svor (1205) bi-ms až bi. pararula s amf. (1216) Hranice geologických jednotek hranice zjištěná, pravděpodobná, litologický přechod | <ul style="list-style-type: none"> vápenc, dolomit (1266) kvarcit, pararula (1268) pararula (1342, 1343) pararula s vložkami amf. pararuly, kvarcitu a erlanu (1348) Tektonická linie zlom zjištěný, předpokládaný, zakrytý |

Obr. 7 Geologická mapa okolí lokality Bílý kámen (lokality vyznačena červenou elipsou). Upraveno podle <https://mapy.geology.cz/geocr50>.

Tabulka 1 Přehled vzorků vybraných pro mikroskopické studium a chemickou analýzu

| eid. č. / pořadí | ozn. pro chem. an. | hornina | popis | magnet. suscept. | pozn. | typ |
|------------------|--------------------|--------------------|--|------------------|-------------------|------|
| 87825/02 | BK1 | amfibolit | hrubozrný až středně zrnitý páskovaný amfibolit, šedý, nazelenalý s bílými živcovými či Q-ži pásy | 0.76 až 0.80 | Posázaví | ú.n. |
| 87825/07 | | amfibolit | hrubozrný až středně zrnitý páskovaný amfibolit, šedý, nazelenalý s bílými živcovými či Q-ži pásy | 0.16 | Posázaví | ú.n. |
| 88011/01 | | amfibolit | středně až hrubě zrnitý páskovaný, šedý nazelenalý, s výraznými křemenoživcovými polohami, nerovný lom | 0.05 | Posázaví | ú.n. |
| 88011/02 | | amfibolový rohovec | jemnozrný až středně zrnitý, bez patrného usměrnění, šedý nazelenalý s nerovným lomem | 4.26 až 6.40 | Pojizeří | ú.n. |
| 88011/03 | | spilitový tufit | velmi jemnozrný až celistvý, bez patrného usměrnění, šedý nazelenalý, lasturnatý lom | 0.13 | | ú.n. |
| 88011/04 | | amfibolový rohovec | jemnozrný, šedý nazelenalý s patrným usměrněním, nerovný lom | 2.72 až 2.86 | Pojizeří | ú.n. |
| 88011/06 | | amfibolit | hrubě zrnitý bez patrného usměrnění, šedý s nepatrným odstínem do zelena | 6.37 až 6.52 | Posázaví | ú.n. |
| 88011/07 | | amfibolový rohovec | velmi jemnozrný, výrazně usměrněný, jemně páskovaný, šedý nazelenalý, nerovný až lasturnatý lom | 3.62 až 3.79 | Pojizeří | ú.n. |
| 88011/08 | | amfibolový rohovec | velmi jemnozrný, jemně páskovaný s různě mocnými pásy, šedozeleň až zelenošedý | 0.07 | Pojizeří | ú.n. |
| 88011/09 | | amfibolový rohovec | velmi jemnozrný, výrazně jemně páskovaný, šedozeleň až zelenošedý | 0.11 | Pojizeří | ú.n. |
| 88011/10 | | amfibolový rohovec | velmi jemnozrný, jemně páskovaný, šedozeleň, lom nerovný až lasturnatý | 0.11 | Pojizeří | ú.n. |
| 88011/11 | BK3 | amfibolový rohovec | velmi jemnozrný až jemnozrný, usměrněný, šedý nazelenalý, lom nerovný až lasturnatý | 0.12 | Pojizeří | ú.n. |
| 88011/12 | | amfibolový rohovec | velmi jemnozrný, výrazně hrubě až jemně páskovaný, zelenošedý | 0.07 | Pojizeří | ú.n. |
| 88011/13 | | amfibolový rohovec | velmi jemnozrný, jemně páskovaný, s patrnými celistvými usměrněnými shluky v tmavších páscích | 0.14 | Pojizeří | ú.n. |
| 88017/01 | | mramor | bílý krystalický, na navětralé ploše nažloutlý | 0.01 | Bílý kámen | sur. |
| 88017/02 | | mramor | bílý krystalický, na navětralé ploše nažloutlý | 0.02 | Bílý kámen | sur. |
| | BK2 | amfibolit | středně až hrubě zrnitý, s nevýrazně patrným hrubým páskováním, šedý | 0.10 | potok, Sedliště | sur. |
| | BK4 | amfibolový rohovec | jemnozrný až středně zrnitý, nepravidelně páskovaný, výrazně usměrněný, šedý nazelenalý | 0.30 | Pojizeří | nás. |
| | DCS1 | amfibolový rohovec | jemnozrný, usměrněný, na navětralých plochách s patrným páskováním, šedý nazelenalý, roubíkovitý tvar | 0.49 | D. Černá Studnice | sur. |
| | DCS2 | amfibolový rohovec | jemnozrný, usměrněný, na navětralých plochách s patrným páskováním, šedý nazelenalý | 0.30 | D. Černá Studnice | sur. |

ú.n. - úštěp nástroje ze sbírek HM NM; sur. - surovina (s evid. č. ze sbírek HM NM, bez evid. č. vlastní sběr v roce 2018); nás. - část sekeromlatu nalezená při terénním výzkumu v roce 2014



Obr. 8 Histogram zastoupení jednotlivých typů hornin kamenných artefaktů z Bílého kamene ze sbírky oddělení pravěku a antického starověku HM NM.

v. od Bílého kamene) definována jako komplex biotito-muskovitových svorů a fylonitů s polohami páskovaných amfibolitů, amfibolitů a metagaber. Bez ohledu na různé interpretace je pro výsledky předložené práce podstatný právě výskyt amfibolitů a páskovaných amfibolitů v okolí neolitické těžební lokality.

Metodika

V roce 2014 byla ve spolupráci s V. Slunečkem prohlédnuta kolekce kamenných artefaktů uložená ve sbírkách oddělení pravěku a antického starověku HM NM (cca 226 ev. čísel - 470 kusů). Byl proveden základní makroskopický popis včetně změření magnetické susceptibility v jednotkách $k \cdot 10^{-3}$ [SI] analyzátozem magnetické susceptibility KT-5, fotodokumentace a byly vybrány úštěpy na podrobnější mineralogický výzkum. V roce 2015 byla v doprovodu archeologů z Muzea Podblanicka a Archeologického ústavu AV ČR (T. Davidová, J. Řídký, P. Burgert) navštívena lokalita Bílý kámen a výchozy amfibolitu v jejím nejbližším okolí. Během průzkumu lokality našel P. Burgert část vrтанého sekeromlatu (obr. 4), který se stal rovněž součástí dalšího jak makroskopického tak mikroskopického výzkumu (BK-4). K mikroskopickému výzkumu bylo vybráno celkem 16 drobných kamenných artefaktů z kolekce kamenných artefaktů oddělení HM NM (12 úštěpů z přibližně 200 kusů hromadné ev. č. 88011, dva drobné kusy z údajné suroviny hromadné ev. č. 87825 a dva drobné kusy z mramoru hromadné ev. č. 88017), jeden výše zmíněný sekeromlat, jeden amfibolit z okolí Bílého kamene a dva aktinolitové rohovce (metabazity typu Pojizeří - archeologický název) z Dolní Černé Studnice (tab. 1). Posledně jmenované dva vzorky byly odebrány při terénním výzkumu na lokalitě v červnu 2018 z haldy, která vznikla při kopání základů rodinného domu na hranici Dolní Černé Studnice směrem od obce Krásná, přibližně 350 m od kontaktu s granitem. U těchto dvaceti vzorků byl proveden podrobný mikroskopický výzkum v polarizačním mikroskopu Nikon a pomocí připojené kamery byly pořízeny mikrofotografie.

Dalším krokem byl výběr vzorků na zjištění chemického složení jednotlivých minerálů jak z artefaktů, tak z předpokládaných zdrojových hornin a jejich vzájemné porovnání. Chemické složení minerálů bylo kvantitativně analyzováno pomocí elektronového mikroanalyzátoru CAMECA SX 100 (Národní muzeum Praha) za podmínek: vlnově disperzní analýza, napětí 15 kV, proud 10 nA, průměr svazku 1 μ m se standardy: albit (Na), diopsid (Mg), sanidin (Al, K), apatit (P), TiO_2 (Ti), rodonit (Mn), wollastonit (Ca), hematit (Fe), vanadium (V), Cr_2O_3 (Cr), ZnO (Zn), celestin (Sr), baryt (Ba), Ni (Ni), vanadinit (Pb), RbGe sklo (Rb), Cs sklo (Cs), zirkon (Zr), chalkopyrit (Cu), BN (N), analyzoval Zdeněk Dolníček. Získaná data byla korigována za použití software PAP (Pouchou, Pichoir 1985). Empirické vzorce amfibolu byly přepočteny na 23 kyslíků a poměr Fe^{2+}/Fe^{3+} byl odhadnut metodou 13 eCNK (Schumacher 1996), H_2O byla dopočítána na základě stechiometrie, krystalochemické vzorce živce byly přepočteny na 8 O, ilmenitu na 3 O, chloritu na 14 O.

Petrografie kamenných artefaktů

Následující přehled se opírá především o makroskopické studium během prohlídky kamenných artefaktů pracovních nástrojů z Bílého kamene v depozitáři HM NM a následný vlastní sběr možné suroviny v Posázaví a Pojizeří. Na základě studia artefaktů byly vyčleněny

jednotlivé typy hornin, které jsou přehledně uvedeny na obrázku 8. Nejprve bude pozornost zaměřena na horniny s ojedinělým výskytem v rámci souboru a ne zcela danou proveniencí, následně na horniny se zvýšeným až vysokým výskytem s blízkou proveniencí a nakonec horniny hojně zastoupené, původem z Pojizeří. Vzhledem k tomu, že se v souboru vyskytují i horniny sbírané v okolí Bílého kamene jako údajná surovina na výrobu kamenných pracovních nástrojů, bude o nich zmínka na závěr. Zde bude okrajově zmíněna i mramorová surovina na výrobu ozdobných předmětů.

Horniny kamenných artefaktů

Spilitový tufit

V hlavním souboru byl určen jako spilitový tufit, případně jako metamorfovaný spilitový tufit pouze jeden artefakt. Z hromadné evidence pod ev. číslem 88011 byl dále vybrán úštěp pro podrobnější mikroskopické studium. Hornina má rohovcovitý vzhled, barva je zelenošedá s patrným páskováním a v některých pásčích i se zhrubnutím zrna. Lom je lasturnatý. Jelikož jde pouze o jeden drobný úštěp velikosti cca 2.5×3 cm, magnetická susceptibilita je poměrně nízká ($0.04 \cdot 10^{-3}$ SI). Výchozy suroviny se nejspíše nalézaly v oblasti kralupsko-zbraslavské skupiny v oblasti Kralup nad Vltavou, Libčic, Máslovic a Dolu, avšak zcela odpovídající surovina nebyla dosud nalezena patrně i v souvislosti s možným vytěžením horniny (Šreimová et al. 2002).

Serpentin

Vyskytuje se v souboru ojediněle. Je celistvý, tmavě šedý se světlejšími nepravidelnými skvrnami s odstínem do žlutozelená. Vyznačuje se zvýšeným podílem patrně magnetitu, čemuž odpovídá i vysoká magnetická susceptibilita ($62 \cdot 10^{-3}$ SI). Má téměř lasturnatý lom. Nástroj ze serpentinitu je dokonale ohlazený. Hornina by mohla pocházet ze serpentinitového tělesa, které se nachází s. od Bernartic u vodní nádrže na Želivce.

Sillimanitová rula

Ojedinělá hornina. Jemnozrnná až hrubě zrnitá, páskovaná. Z vrтанého nástroje zůstal slabý úštěp s patrným odštípnutím v ploše inhomogenity. Magnetická susceptibilita je $0.29 \cdot 10^{-3}$ SI. Hornina je na použití pro kamenné nástroje evidentně nevhodná.

Kvarcit

Ojedinělá hornina. Šedá se světlejšími neohrazenými rozptýlenými skvrnami a patrně s podílem magnetitu, kompaktní vzhled, téměř lasturnatý lom. Vzhledem ke křehkosti na nástroje nevhodný. Magnetická susceptibilita je $0.82 \cdot 10^{-3}$ SI.

Metabazit s křemenem

Ojedinělý nálezy, který patrně nemá surovinový původ v ČR. Hornina je jemnozrnná s patrným usměrněním, šedá s odstínem do zelena. Obsahuje řídkce se vyskytující porfyroblasty - černá idiomorfne omezená zrna křemene kosočtvercového průřezu. Magnetická susceptibilita je $1.25 \cdot 10^{-3}$ SI.

Prachovitý jílovec

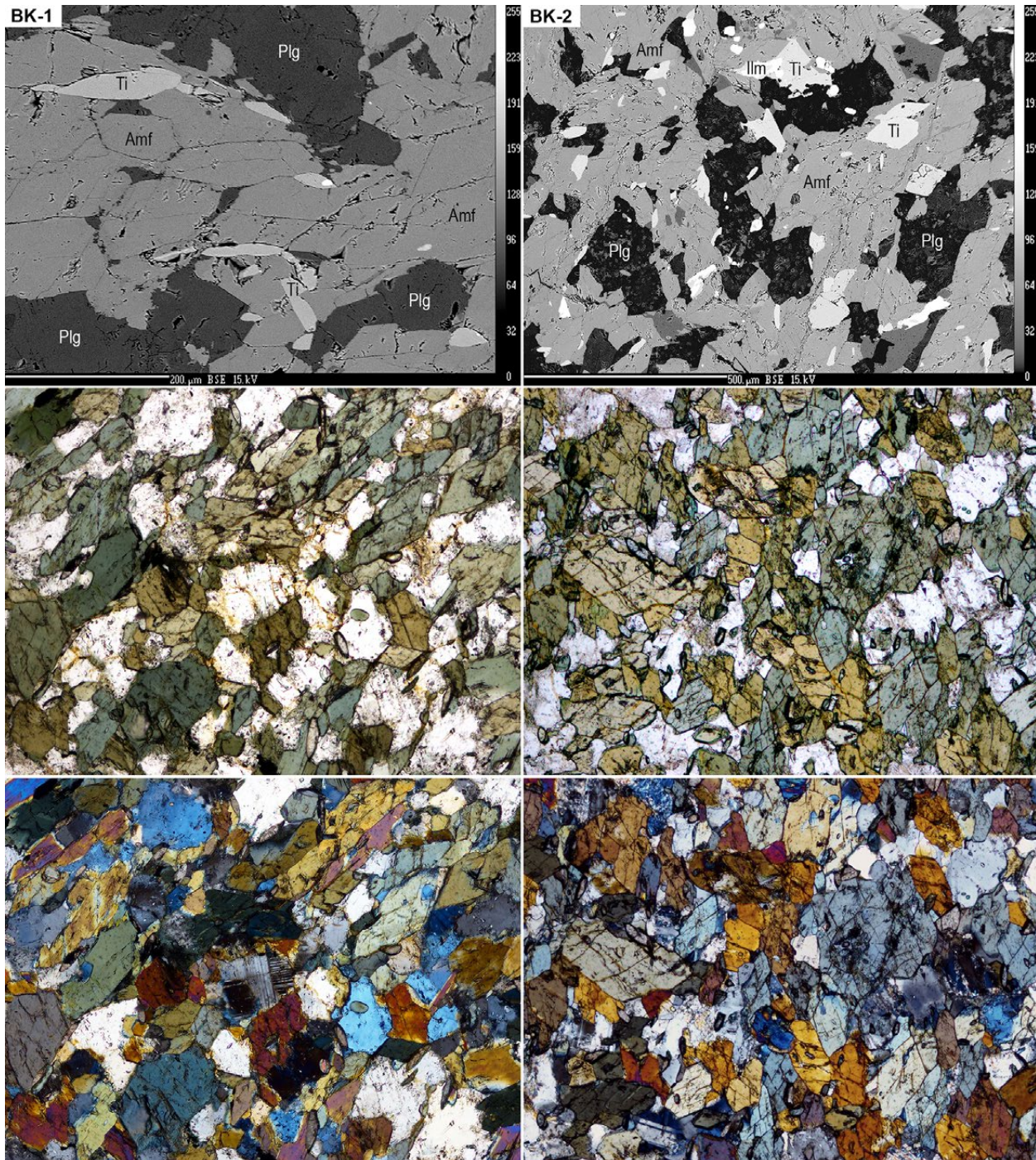
Pro účel pracovního nástroje naprosto nevhodná hornina. Jde o úštěp vrтанé sekerky. Hornina je tmavě šedá až šedočerná, velmi jemnozrnná až jemnozrnná, nezřetelně páskovaná až celistvá. Patrná je chloritizace, v podstatě jde o chloritizovaný zpevněný prachovitý jílovec s nulovou magnetickou susceptibilitou.

Erlan

Ojedinelé horniny. Velmi jemnozrnná až celistvá hornina s téměř rohovcovitým až kvarcitickým vzhledem. Většinou se jeví jako nepatrně usměrněná až usměrněná hornina, případně usměrnění není patrné vůbec. Výjimečně je hornina až středně zrnitá. Barva je šedá až světle šedá někdy s nepatrným nádechem do zelena. Lom je téměř lasturnatý. Magnetická susceptibilita je poměrně konstantní a pohybuje se v rozmezí $0.17 - 0.24 \cdot 10^{-3}$ SI.

Bazalt

V souboru je jeho výskyt poměrně malý. Jde o šedou až tmavě šedou horninu, často s vysokou magnetickou susceptibilitou, která se u jednotlivých kamenných artefaktů pohybuje v rozmezí $8 - 52 \cdot 10^{-3}$ SI. Hornina má většinou kompaktní vzhled, občas jsou patrná zrna pyroxenu, případně i tmavší zrna magnetitu. Povrch bývá rovný až porézni a hrboletý. Hornina není na výrobu broušené industrie příliš vhodná, snadno se odštípe nebo jinak poškodí.

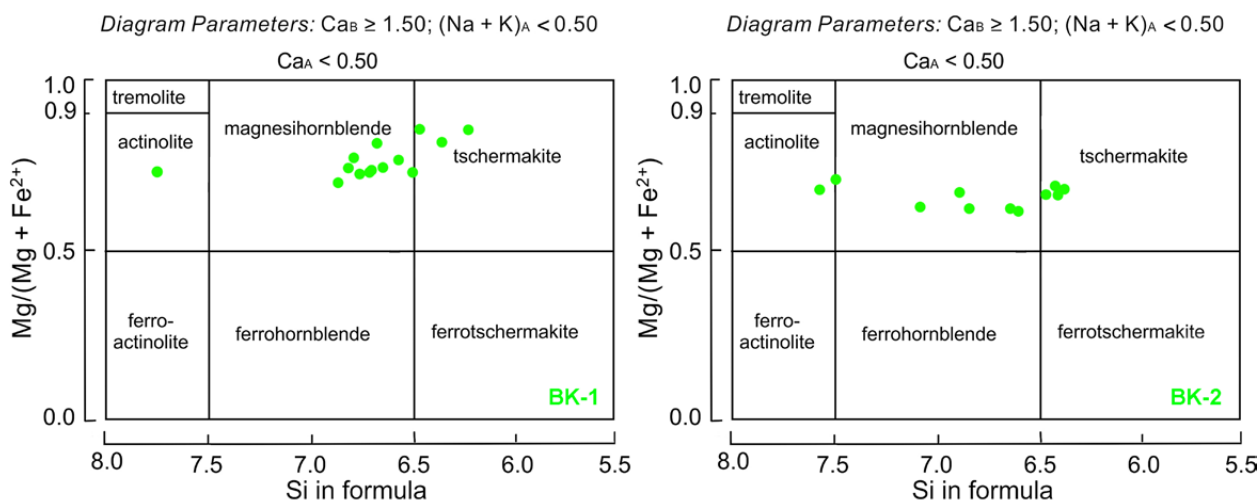


Obr. 9 Mikrofotografie amfibolitu nástroje (levé obrázky, BK-1) a suroviny (pravé obrázky, BK-2). První dva obrázky - BSE foto; další čtyři obrázky z polarizačního mikroskopu. Prostřední snímky jsou v procházejícím polarizovaném světle (PPL), spodní dva obrázky tentýž záběr při zkřížených nikolech (XPL). Amfibolit obsahuje hypidiomorfně omezená, výrazně pleochroická zrna amfibolu s dobře patrnou štěpností (Amf), xenomorfně omezená zrna plagioklasu (Plg), zrna K-živce (K-ž), lodičkovitá zrna titanitu (Ti) a kostrovitá zrna ilmenitu (Ilm). BSE foto Z. Dolníček, mikrofoto B. Šreinová. Spodní strana mikrofotografií z polarizačního mikroskopu je 1.18 mm.

Tabulka 2 Vybrané chemické analýzy amfibolu z amfibolitu BK-1 a BK-2 (v hmot. %)

| | BK-1 (1 - 6) | | | | | BK-2 (7 - 12) | | | | | | |
|--------------------------------|--------------|------------|----------|----------|----------|---------------|------------|--------|----------|----------|----------|----------|
| | Mg - Hbl | Tsch - Hbl | Mg - Hbl | Mg - Hbl | Mg - Hbl | Act | Tsch - Hbl | Act | Mg - Hbl | Mg - Hbl | Mg - Hbl | Mg - Hbl |
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 |
| SiO ₂ | 44.36 | 44.49 | 46.65 | 46.06 | 46.42 | 54.75 | 43.48 | 52.43 | 44.91 | 45.47 | 47.05 | 46.85 |
| TiO ₂ | 0.61 | 0.54 | 0.70 | 0.67 | 0.71 | 0.36 | 0.94 | 0.21 | 1.23 | 0.92 | 0.95 | 0.83 |
| Cr ₂ O ₃ | 0.02 | 0.05 | 0.05 | 0.05 | 0.10 | 0.03 | 0.06 | 0.07 | 0.08 | 0.04 | 0.06 | 0.02 |
| Al ₂ O ₃ | 11.03 | 10.07 | 9.21 | 8.91 | 8.98 | 2.32 | 12.76 | 4.4 | 11.04 | 11.46 | 9.62 | 8.49 |
| Fe ₂ O ₃ | 11.84 | 15.56 | 10.38 | 13.36 | 10.25 | 2.10 | 9.46 | 1.51 | 6.70 | 6.68 | 5.77 | 6.79 |
| FeO | 6.63 | 3.14 | 7.29 | 4.57 | 7.34 | 10.16 | 8.25 | 12.13 | 10.77 | 10.65 | 11.18 | 9.90 |
| MnO | 0.19 | 0.22 | 0.20 | 0.23 | 0.23 | 0.21 | 0.28 | 0.21 | 0.32 | 0.26 | 0.25 | 0.33 |
| NiO | 0.02 | 0.00 | 0.03 | 0.00 | 0.00 | 0.02 | 0.00 | 0.03 | 0.00 | 0.00 | 0.01 | 0.01 |
| MgO | 10.05 | 10.58 | 10.93 | 11.18 | 11.05 | 15.67 | 9.16 | 14.31 | 9.59 | 9.57 | 10.36 | 10.96 |
| CaO | 11.44 | 11.64 | 11.60 | 11.58 | 11.66 | 12.26 | 11.42 | 11.53 | 11.59 | 11.64 | 11.84 | 11.76 |
| Na ₂ O | 1.36 | 1.85 | 1.41 | 1.75 | 1.28 | 0.73 | 1.37 | 0.48 | 1.03 | 1.13 | 1.02 | 0.98 |
| K ₂ O | 0.18 | 0.16 | 0.16 | 0.17 | 0.14 | 0.04 | 0.75 | 0.18 | 0.74 | 0.73 | 0.60 | 0.49 |
| H ₂ O | 2.04 | 2.06 | 2.07 | 2.07 | 2.06 | 2.11 | 2.03 | 2.07 | 2.03 | 2.05 | 2.05 | 2.03 |
| F | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| Cl | 0.01 | 0.01 | 0.02 | 0.01 | 0.01 | 0.03 | 0.03 | 0.01 | 0.02 | 0.01 | 0.03 | 0.02 |
| F,Cl=O | 0.00 | 0.00 | 0.01 | 0.00 | 0.00 | 0.01 | 0.01 | 0.00 | 0.01 | 0.00 | 0.01 | 0.01 |
| Total | 99.78 | 100.37 | 100.69 | 100.60 | 100.23 | 100.78 | 99.99 | 99.57 | 100.05 | 100.61 | 100.80 | 99.46 |
| Si | 6.502 | 6.470 | 6.753 | 6.667 | 6.753 | 7.751 | 6.389 | 7.568 | 6.608 | 6.636 | 6.841 | 6.889 |
| Ti | 0.067 | 0.059 | 0.076 | 0.073 | 0.078 | 0.038 | 0.104 | 0.023 | 0.136 | 0.101 | 0.104 | 0.092 |
| Cr | 0.002 | 0.006 | 0.006 | 0.006 | 0.012 | 0.003 | 0.007 | 0.008 | 0.009 | 0.005 | 0.007 | 0.002 |
| Al ^{IV} | 1.498 | 1.530 | 1.247 | 1.333 | 1.247 | 0.249 | 1.611 | 0.432 | 1.392 | 1.364 | 1.159 | 1.111 |
| Al ^{VI} | 0.408 | 0.196 | 0.324 | 0.187 | 0.293 | 0.138 | 0.599 | 0.316 | 0.523 | 0.608 | 0.489 | 0.361 |
| Fe ³⁺ | 1.306 | 1.702 | 1.131 | 1.455 | 1.122 | 0.224 | 1.046 | 0.164 | 0.742 | 0.733 | 0.632 | 0.751 |
| Fe ²⁺ | 0.812 | 0.382 | 0.882 | 0.553 | 0.893 | 1.202 | 1.014 | 1.464 | 1.326 | 1.300 | 1.360 | 1.217 |
| Mn | 0.024 | 0.027 | 0.025 | 0.028 | 0.028 | 0.025 | 0.035 | 0.026 | 0.04 | 0.032 | 0.031 | 0.041 |
| Ni | 0.002 | 0.000 | 0.003 | 0.000 | 0.000 | 0.002 | 0.000 | 0.003 | 0.000 | 0.000 | 0.001 | 0.001 |
| Mg | 2.196 | 2.293 | 2.358 | 2.412 | 2.396 | 3.306 | 2.006 | 3.078 | 2.103 | 2.082 | 2.245 | 2.402 |
| Ca | 1.796 | 1.813 | 1.799 | 1.796 | 1.817 | 1.859 | 1.798 | 1.783 | 1.827 | 1.820 | 1.844 | 1.853 |
| Na | 0.386 | 0.522 | 0.396 | 0.491 | 0.361 | 0.200 | 0.390 | 0.134 | 0.294 | 0.320 | 0.287 | 0.279 |
| K | 0.034 | 0.030 | 0.030 | 0.031 | 0.026 | 0.007 | 0.141 | 0.033 | 0.139 | 0.136 | 0.111 | 0.092 |
| H | 1.998 | 1.998 | 1.995 | 1.998 | 1.998 | 1.993 | 1.993 | 1.998 | 1.995 | 1.998 | 1.993 | 1.995 |
| F | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 |
| Cl | 0.002 | 0.002 | 0.005 | 0.002 | 0.002 | 0.007 | 0.007 | 0.002 | 0.005 | 0.002 | 0.007 | 0.005 |
| Total | 17.033 | 17.030 | 17.030 | 17.032 | 17.026 | 17.004 | 17.14 | 17.032 | 17.139 | 17.137 | 17.111 | 17.091 |
| Mg/(Mg+Fe ²⁺) | 0.73 | 0.86 | 0.73 | 0.81 | 0.73 | 0.73 | 0.66 | 0.68 | 0.61 | 0.62 | 0.62 | 0.66 |

Mg-Hbl - magneziohornblend; Tsch-Hbl - tschermakit-hornblend; Act - aktinolit



Obr. 10 Projekce chemického složení amfibolu z amfibolitu - nástroj (BK-1) a surovina (BK-2) v diagramu Leaka et al. (1997).

Amfibolit (páskovaný amfibolit) typu Posázaví

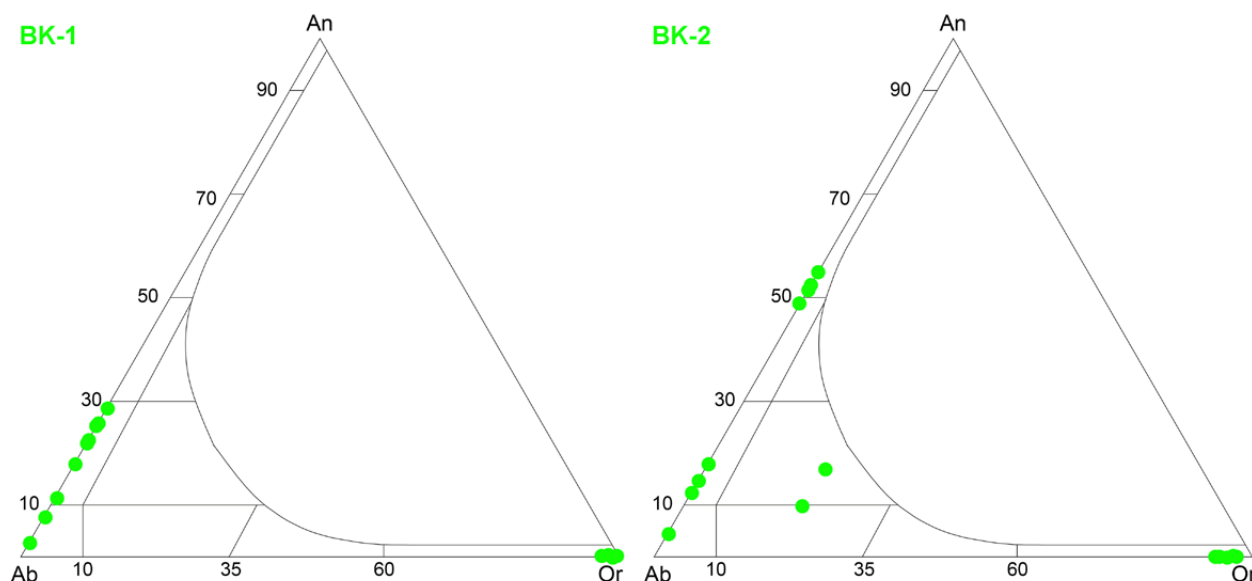
Mineralogické složení a textura či struktura horniny jsou velmi variabilní. V souboru artefaktů jsou amfibolity od jemnozrnných až po výrazně hrubozrnné formy a to často i v rámci jednoho kamenného artefaktu. Ve výrazně menším zastoupení jsou přítomné amfibolity bez patrného usměrnění, většina hornin je usměrněná s výrazným páskováním a se zřetelnými křemen-živcovými a amfibolovými pásy. Páskování bývá pravidelné i nepravidelné, občas jsou patrné pygmaticky zvrásněné polohy. Barva

horniny je tmavě šedá až šedá, nazelenalá, navětralý povrch je světlejší. Vzhledem k tomu, že páskování v horninách se projevuje jako výrazná inhomogenita, bývají nástroje na této ploše přednostně výrazně poškozené. Magnetická susceptibilita se pohybuje nejčastěji v rozmezí $0.15 - 0.4 \cdot 10^{-3}$ SI, ojediněle dosahuje hodnot $10 - 20 \cdot 10^{-3}$ SI. Lze konstatovat, že použití těchto hornin na výrobu kamenných pracovních nástrojů bylo s ohledem na přítomnost suroviny nedaleko právě lokality poměrně hojné, ale nástroje byly nekvalitní a často se rozbíjely.

Tabulka 3 Vybrané chemické analýzy živce z amfibolitu BK-1 a BK-2 (v hmot. %)

| | BK-1 (37 - 42) | | | | | | | | BK-2 (43 - 48) | | | |
|--------------------------------|----------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|----------------|-----------|-----------|-----------|
| | Alb 37 | Oli 38 | Oli 39 | K-ž 40 | Oli 41 | Oli 42 | K-ž 43 | And 44 | Alb 45 | Oli 46 | Alb 47 | Oli 48 |
| SiO ₂ | 69.26 | 64.25 | 61.26 | 66.67 | 66.18 | 64.41 | 65.37 | 55.18 | 60.74 | 65.13 | 68.78 | 65.19 |
| Al ₂ O ₃ | 19.76 | 22.29 | 23.98 | 18.68 | 21.28 | 22.40 | 18.14 | 27.47 | 26.32 | 21.98 | 19.91 | 22.13 |
| Fe ₂ O ₃ | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.27 | 0.00 | 0.00 | 0.05 | 0.20 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| FeO | 0.10 | 0.10 | 0.11 | 0.10 | 0.00 | 0.17 | 0.32 | 0.04 | 0.00 | 0.09 | 0.17 | 0.07 |
| MnO | 0.02 | 0.00 | 0.00 | 0.02 | 0.00 | 0.04 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| MgO | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.01 | 0.00 | 0.01 | 0.00 | 0.02 | 0.05 |
| CaO | 0.50 | 3.68 | 5.96 | 0.01 | 2.38 | 3.73 | 0.02 | 9.85 | 1.89 | 2.96 | 0.87 | 3.09 |
| Na ₂ O | 11.20 | 9.42 | 8.10 | 0.18 | 10.53 | 9.42 | 0.43 | 5.76 | 7.60 | 9.76 | 11.11 | 8.39 |
| K ₂ O | 0.09 | 0.07 | 0.10 | 14.76 | 0.08 | 0.07 | 15.94 | 0.14 | 3.42 | 0.07 | 0.06 | 0.17 |
| Total | 100.93 | 99.81 | 99.51 | 100.42 | 100.72 | 100.24 | 100.23 | 98.49 | 100.18 | 99.99 | 100.92 | 99.09 |
| Si | 3.011 | 2.845 | 2.739 | 3.087 | 2.889 | 2.842 | 3.020 | 2.519 | 2.686 | 2.874 | 2.991 | 2.931 |
| Al | 1.013 | 1.164 | 1.264 | 1.020 | 1.095 | 1.165 | 0.988 | 1.478 | 1.372 | 1.143 | 1.021 | 1.173 |
| Fe ³⁺ | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.009 | 0.000 | 0.000 | 0.002 | 0.007 | 0.000 | 0.000 | 0.000 |
| Fe ²⁺ | 0.004 | 0.004 | 0.004 | 0.004 | 0.000 | 0.006 | 0.012 | 0.001 | 0.000 | 0.003 | 0.006 | 0.003 |
| Mn | 0.001 | 0.000 | 0.000 | 0.001 | 0.000 | 0.001 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 |
| Mg | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.001 | 0.000 | 0.001 | 0.000 | 0.001 | 0.003 |
| Ca | 0.023 | 0.175 | 0.285 | 0.000 | 0.111 | 0.176 | 0.001 | 0.482 | 0.090 | 0.140 | 0.041 | 0.149 |
| Na | 0.944 | 0.809 | 0.702 | 0.016 | 0.891 | 0.806 | 0.039 | 0.510 | 0.652 | 0.835 | 0.937 | 0.731 |
| K | 0.005 | 0.004 | 0.006 | 0.872 | 0.004 | 0.004 | 0.939 | 0.008 | 0.193 | 0.004 | 0.003 | 0.010 |
| Total | 5.000 | 5.000 | 5.000 | 5.000 | 5.000 | 5.000 | 5.000 | 5.000 | 5.000 | 5.000 | 5.000 | 5.000 |
| An | 2.4 | 17.7 | 28.7 | 0.1 | 11.1 | 17.9 | 0.1 | 48.2 | 9.6 | 14.3 | 4.1 | 16.7 |
| Alb | 97.1 | 81.9 | 70.7 | 1.8 | 88.5 | 81.7 | 3.9 | 51.0 | 69.7 | 85.3 | 95.6 | 82.2 |
| K-ž | 0.5 | 0.4 | 0.6 | 98.1 | 0.4 | 0.4 | 96.0 | 0.8 | 20.7 | 0.4 | 0.3 | 1.1 |

Alb - albit (albitová složka); Oli - oligoklas; And - andezin; K-ž - K živce (K-složka); An - anortitová složka

**Obr. 11** Projekce chemického složení plagioklasu a K-živce z amfibolitu - nástroj (BK-1) a surovina (BK-2).

Živcový amfibolit

Opět jde o přechodný typ mezi amfibolitem a amfibolovou rulou. Nelze přesněji vyčlenit hranici mezi těmito horninami. Jako živcový amfibolit jsme označili ty horniny, které jak v páskované, tak v neusměrněné nebo jen lehce usměrněné formě mají vysoký podíl živce. Opět jde o jemnozrné až hrubozrné horniny, šedé až tmavě šedé, případně nazelenalé barvy. Magnetická susceptibilita se pohybuje v podobných hodnotách jako u amfibolitu typu Posázaví. Zde je vidět, že by se v podstatě mohla uvádět jedna skupina amfibolitu typu Posázaví s tím, že by do ní patřila pestrá směsice výše zmíněných hornin.

Amfibolová rula

Na výrobu kamenného pracovního nástroje byla použita jen v jednom až ve dvou případech a patrně by se o nich dalo mluvit, vzhledem k přechodnému typu, i jako o amfibolitu s výrazným páskováním. Ostatní ukázky byly patrně odebrány z výchozů v okolí a s pracovními nástroji nemají nic společného, neboť se pro jejich výrobu nehodí a jsou s ohledem na nevhodnou odlučnost nepoužitelné. Kamenné artefakty jsou středně zrnité až hrubozrné s výrazným páskováním, kdy se střídají křemen-živcové polohy s polohami s převahou amfibolu. Jsou silně tektonizované. Magnetická susceptibilita se pohybuje v rozmezí $0.39 - 0.68 \cdot 10^{-3}$ SI. Provenience je blízká, patrně Posázaví.

Biotito-amfibolová břidlice

Světle šedá až šedá břidličnatá hornina, okatá, na plochách odlučností výrazně hrboilatá s výraznými biotitovými oky. Magnetická susceptibilita je $0.26 \cdot 10^{-3}$ SI. Provenience je blízká, patrně Posázaví.

Amfibolová břidlice

Jemnozrná páskovaná hornina s břidličnatou odlučností, šedé barvy. Magnetická susceptibilita je $0.4 \cdot 10^{-3}$ SI. Provenience je blízká, patrně Posázaví.

Diorit

Hornina blízké provenience se v souboru vyskytuje ojediněle. Diorit je hrubozrný, nevýrazně mírně usměrněný až bez usměrnění. Makroskopicky jsou v šedé nazelenalé hornině patrné bílé živce; hornina je mírně porézní až kompaktní. Magnetická susceptibilita se pohybuje v rozmezí $14 - 17 \cdot 10^{-3}$ SI. Na výrobu kamenných nástrojů se s ohledem na nevhodnou odlučnost nehodí.

Metaaplit

Hornina patrně blízké provenience je šedá, méně výrazně usměrněná, hrubě až středně zrnitá, páskování je nevýrazné. Obsahuje světlé živce, slídu a křemen. Magnetická susceptibilita se pohybuje v rozmezí $0.27 - 0.33 \cdot 10^{-3}$ SI. Na výrobu kamenných nástrojů je, stejně jako předchozí hornina, s ohledem na křehkost nevhodná.

Tabulka 4 Vybrané chemické analýzy titanitu z amfibolitu BK-1 a BK-2 (v hmot. %)

| | BK-1 (73 - 75) | | | BK-2 (76 - 78) | | |
|--------------------------------|----------------|-------|-------|----------------|-------|-------|
| | 73 | 74 | 75 | 76 | 77 | 78 |
| SiO ₂ | 29.62 | 30.23 | 30.08 | 30.33 | 30.32 | 29.75 |
| TiO ₂ | 38.36 | 37.65 | 38.06 | 37.38 | 37.59 | 37.89 |
| Cr ₂ O ₃ | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| Al ₂ O ₃ | 0.80 | 1.05 | 0.78 | 1.54 | 1.22 | 1.15 |
| Fe ₂ O ₃ | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| FeO | 0.53 | 0.52 | 0.49 | 0.53 | 0.51 | 0.61 |
| MnO | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| NiO | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| MgO | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| CaO | 27.87 | 28.07 | 27.70 | 28.10 | 28.35 | 28.15 |
| Na ₂ O | 0.00 | 0.09 | 0.36 | 0.00 | 0.10 | 0.05 |
| K ₂ O | 0.01 | 0.02 | 0.00 | 0.01 | 0.01 | 0.01 |
| Total | 97.19 | 97.63 | 97.47 | 97.89 | 98.10 | 97.61 |
| Si | 0.994 | 1.007 | 1.002 | 1.009 | 1.004 | 0.992 |
| Ti | 0.968 | 0.943 | 0.953 | 0.935 | 0.936 | 0.950 |
| Cr | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 |
| Al | 0.021 | 0.028 | 0.021 | 0.040 | 0.032 | 0.030 |
| Fe ³⁺ | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 |
| Fe ²⁺ | 0.015 | 0.014 | 0.014 | 0.015 | 0.014 | 0.017 |
| Mn | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 |
| Ni | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 |
| Mg | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 |
| Ca | 1.002 | 1.002 | 0.988 | 1.001 | 1.006 | 1.006 |
| Na | 0.000 | 0.006 | 0.023 | 0.000 | 0.006 | 0.003 |
| K | 0.000 | 0.001 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 |
| Total | 3.000 | 3.000 | 3.000 | 3.000 | 3.000 | 3.000 |

Tabulka 5 Vybrané chemické analýzy ilmenitu z amfibolitu BK-1 (v hmot. %)

| | 79 | 80 | 81 | 82 | 83 | 84 |
|--------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| SiO ₂ | 0.14 | 0.14 | 0.01 | 0.06 | 0.00 | 0.07 |
| TiO ₂ | 51.14 | 52.60 | 52.00 | 51.54 | 51.67 | 51.25 |
| Cr ₂ O ₃ | 0.09 | 0.00 | 0.00 | 0.01 | 0.02 | 0.00 |
| Al ₂ O ₃ | 0.03 | 0.02 | 0.01 | 0.06 | 0.01 | 0.06 |
| Fe ₂ O ₃ | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| FeO | 42.88 | 41.95 | 42.30 | 43.06 | 42.99 | 42.69 |
| MnO | 3.15 | 3.10 | 3.12 | 3.30 | 3.25 | 4.34 |
| NiO | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| MgO | 0.08 | 0.10 | 0.19 | 0.42 | 0.08 | 0.00 |
| CaO | 0.54 | 0.69 | 0.65 | 0.22 | 0.19 | 0.12 |
| Total | 98.05 | 98.60 | 98.28 | 98.67 | 98.21 | 98.53 |
| Si | 0.004 | 0.004 | 0.001 | 0.002 | 0.000 | 0.002 |
| Ti | 0.987 | 1.010 | 1.001 | 0.987 | 0.998 | 0.986 |
| Cr | 0.002 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.001 | 0.000 |
| Al | 0.001 | 0.001 | 0.001 | 0.002 | 0.001 | 0.002 |
| Fe ³⁺ | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 |
| Fe ²⁺ | 0.921 | 0.896 | 0.906 | 0.917 | 0.923 | 0.913 |
| Mn | 0.069 | 0.067 | 0.068 | 0.071 | 0.071 | 0.094 |
| Ni | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 |
| Mg | 0.003 | 0.004 | 0.008 | 0.016 | 0.003 | 0.000 |
| Ca | 0.015 | 0.019 | 0.018 | 0.006 | 0.005 | 0.004 |
| Total | 2.002 | 2.001 | 2.003 | 2.001 | 2.002 | 2.001 |

Tabulka 6 Chemické složení chloritu z amfibolitu BK-1 (v hmot. %)

| | Kli | Rip | Kli | Rip | Kli | Kli | Rip | Kli | Thu |
|--------------------------------|-------|--------|-------|--------|--------|--------|--------|-------|-------|
| | 118 | 119 | 120 | 121 | 122 | 123 | 124 | 125 | 126 |
| P ₂ O ₅ | 0.00 | 0.00 | 0.02 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| TiO ₂ | 0.07 | 0.09 | 0.06 | 0.11 | 0.08 | 0.10 | 0.04 | 0.04 | 0.08 |
| SiO ₂ | 27.42 | 25.65 | 27.14 | 25.61 | 26.86 | 26.48 | 25.69 | 26.39 | 24.31 |
| V ₂ O ₃ | 0.05 | 0.03 | 0.07 | 0.05 | 0.09 | 0.06 | 0.06 | 0.05 | 0.03 |
| Cr ₂ O ₃ | 0.22 | 0.11 | 0.09 | 0.07 | 0.04 | 0.03 | 0.01 | 0.03 | 0.09 |
| Al ₂ O ₃ | 20.29 | 20.35 | 20.23 | 20.27 | 19.19 | 19.40 | 20.44 | 20.17 | 19.84 |
| MnO | 0.28 | 0.25 | 0.20 | 0.29 | 0.28 | 0.25 | 0.25 | 0.29 | 0.85 |
| FeO | 24.65 | 24.53 | 23.20 | 23.41 | 23.13 | 22.64 | 22.43 | 23.59 | 35.58 |
| CoO | 0.06 | 0.06 | 0.01 | 0.03 | 0.06 | 0.01 | 0.03 | 0.01 | 0.01 |
| NiO | 0.05 | 0.00 | 0.04 | 0.00 | 0.05 | 0.02 | 0.00 | 0.06 | 0.01 |
| ZnO | 0.06 | 0.01 | 0.00 | 0.00 | 0.09 | 0.06 | 0.01 | 0.09 | 0.00 |
| CuO | 0.02 | 0.00 | 0.06 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.04 | 0.00 |
| PbO | 0.02 | 0.09 | 0.00 | 0.02 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.03 |
| MgO | 14.30 | 15.03 | 15.69 | 16.18 | 16.70 | 16.85 | 16.41 | 15.49 | 6.64 |
| CaO | 0.29 | 0.19 | 0.13 | 0.15 | 0.11 | 0.11 | 0.08 | 0.08 | 0.13 |
| BaO | 0.00 | 0.06 | 0.07 | 0.03 | 0.09 | 0.00 | 0.09 | 0.00 | 0.00 |
| N ₂ O | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| Na ₂ O | 0.59 | 0.30 | 0.33 | 0.35 | 0.52 | 0.49 | 0.44 | 0.05 | 0.00 |
| K ₂ O | 0.07 | 0.04 | 0.04 | 0.01 | 0.03 | 0.02 | 0.02 | 0.03 | 0.17 |
| Rb ₂ O | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.20 | 0.00 | 0.00 |
| Cs ₂ O | 0.00 | 0.00 | 0.01 | 0.01 | 0.00 | 0.01 | 0.00 | 0.02 | 0.01 |
| F | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| Cl | 0.02 | 0.04 | 0.02 | 0.02 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.03 |
| F,Cl=O | 0.00 | 0.01 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.01 |
| Total | 88.46 | 86.84 | 87.43 | 86.57 | 87.34 | 86.55 | 86.22 | 86.44 | 87.80 |
| P | 0.000 | 0.000 | 0.002 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 |
| Ti | 0.005 | 0.007 | 0.005 | 0.010 | 0.007 | 0.007 | 0.002 | 0.002 | 0.007 |
| Si | 2.857 | 2.733 | 2.837 | 2.719 | 2.822 | 2.800 | 2.731 | 2.799 | 2.731 |
| V | 0.005 | 0.002 | 0.007 | 0.005 | 0.007 | 0.005 | 0.005 | 0.005 | 0.002 |
| Cr | 0.019 | 0.010 | 0.007 | 0.005 | 0.005 | 0.002 | 0.000 | 0.002 | 0.007 |
| Al | 2.491 | 2.557 | 2.493 | 2.538 | 2.377 | 2.415 | 2.560 | 2.521 | 2.628 |
| Mn | 0.024 | 0.024 | 0.017 | 0.026 | 0.024 | 0.022 | 0.022 | 0.026 | 0.081 |
| Fe | 2.149 | 2.188 | 2.028 | 2.079 | 2.033 | 2.002 | 1.993 | 2.092 | 3.342 |
| Co | 0.000 | 0.005 | 0.002 | 0.002 | 0.005 | 0.000 | 0.002 | 0.000 | 0.000 |
| Ni | 0.005 | 0.000 | 0.002 | 0.000 | 0.005 | 0.002 | 0.000 | 0.005 | 0.000 |
| Zn | 0.005 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.007 | 0.005 | 0.000 | 0.007 | 0.000 |
| Cu | 0.002 | 0.000 | 0.005 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.002 | 0.000 |
| Pb | 0.000 | 0.002 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 |
| Mg | 2.220 | 2.389 | 2.445 | 2.563 | 2.617 | 2.653 | 2.599 | 2.449 | 1.112 |
| Ca | 0.031 | 0.022 | 0.014 | 0.017 | 0.012 | 0.012 | 0.010 | 0.010 | 0.014 |
| Ba | 0.000 | 0.002 | 0.002 | 0.000 | 0.002 | 0.000 | 0.005 | 0.000 | 0.000 |
| Na | 0.120 | 0.062 | 0.067 | 0.072 | 0.106 | 0.101 | 0.091 | 0.010 | 0.000 |
| K | 0.010 | 0.005 | 0.005 | 0.000 | 0.005 | 0.002 | 0.002 | 0.002 | 0.024 |
| Rb | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.014 | 0.000 | 0.000 |
| Cs | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 |
| Cl | 0.005 | 0.007 | 0.002 | 0.002 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.005 |
| Catsum | 9.933 | 10.009 | 9.939 | 10.036 | 10.034 | 10.030 | 10.036 | 9.933 | 9.951 |
| Fe/(Fe+Mg) | 0.49 | 0.48 | 0.45 | 0.45 | 0.43 | 0.43 | 0.43 | 0.46 | 0.74 |

Kli - klinochlor; Rip - ripidolit; Thu - thuringit

Amfibolový rohovec typu Pojizeří (metabazit typu Pojizeří)

Makroskopicky jsou tyto horniny velmi jemnozrné a kompaktní, šedé s odstínem do zelena a s patrným usměrněním tmavých minerálů nebo tmavě šedé s odstínem do zelena až šedočerna. Občas je patrné nevýrazné až výrazné páskování světlejších a tmavších odstínů šedozeleň až zelenošedé barvy. Horniny jsou velmi tvrdé, houževnaté, lom rovnoběžný s foliací je téměř rovný, lom napříč foliací je nepravidelný, nerovný. Při výrobě předmětů bylo využito paralelní odlučnosti tohoto materiálu, který byl následně dobrušován do finálního tvaru. Magnetická susceptibilita amfibolového rohovce se pohybuje obvykle v rozmezí $0.30 - 0.70 \cdot 10^{-3}$ SI. Nižší hodnoty ($0.10 - 0.30 \cdot 10^{-3}$ SI) byly naměřeny jen u malých vzorků. Anomální hodnota, až $10.6 \cdot 10^{-3}$ SI, byla naměřena výjimečně u jednoho artefaktu. V této hornině je patrně zvýšený podíl magnetitu.

Horniny odebrané v okolí

V kolekci sbírky prehistorie HM NM jsou i údajné suroviny používané na výrobu kamenné industrie, kterou shromáždil Žebera při svém výzkumu na lokalitě v letech 1936 až 1938. Jsou zde zastoupeny: v podstatném množství amfibolová rula, ojediněle biotito-amfibolová rula, amfibolit, občasné jsou valouny křemene, srovná břidlice a krystalovaný křemen. Výše zmíněné horniny se jako surovina na výrobu pracovních nástrojů pro těžbu mramoru nehodí. Mají nevhodnou především odlučnost a pevnost.

Mramor

Kvalitní hornina je krystalická, bílá, na navětralé ploše může být nažloutlá, odlučnost je deskovitá. Na lokalitě se vyskytuje i méně kvalitní do šeda až žlutošeda zabarvená hornina (krystalický vápenc a krystalický dolomit), která se však na výrobu ozdobných předmětů nepoužívala.

Mikroskopické a chemické studium hornin vybraných artefaktů a zdrojové suroviny

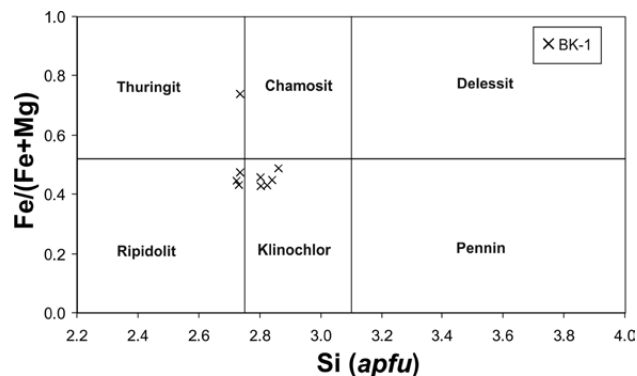
Přehled hornin vybraných pro mikroskopické studium a případně i následné chemické studium je v tabulce 1, ve které jsou stručně shrnuty i makropopisy jednotlivých vzorků.

Amfibolit (páskovaný amfibolit)

Kamenné artefakty i surovina (pět vzorků) mají obdobné jak mineralogické složení, tak i strukturní a texturní znaky. Hornina je většinou středně

zrnitá až hrubozrnná, struktura je granonematoblastická, textura nevýrazně i výrazně subparalelní. Hlavními minerály jsou amfibol a živec. **Amfibol** tvoří hypidiomorfne až idiomorfne omezená, krátce sloupcovitá zrna průměrné velikosti 0.1 - 0.3 mm. Amfibol je výrazně pleochroický, jeho barva kolísá od světle žlutozelené přes modrozelenou až k zelenomodré. Úhel zhášení g/c se pohybuje v rozmezí přibližně 15° - 20°. Dalším minerálem podstatně zastoupeným v hornině je **plagioklas**, méně často se vyskytuje **K-živec**. Plagioklas tvoří většinou xenomorfne omezená zrna, jen ojediněle polysynteticky zdvojitělá. K-živec bývá uzavřený v zrnech plagioklasu a je drobnější. Na okraji amfibolových zrn, případně po jejich štěpnosti, je ojediněle vyvinutý **chlorit**. **Křemen** v množství do 3 % se vyskytuje v podobě drobných xenomorfne omezených zrn. Vyšší podíl křemene byl zaznamenán pouze v ojedinělých „páscích“ či polohách, kde je obvykle přítomen spolu s nižším podílem amfibolu, vyšším podílem živce a přítomností drobných zrn (velikost do 0.07 mm, max. 0.1 mm) **epidotu**, který se dále vyskytuje v místech zvýšených přeměn v hornině (např. ve vzorku BK-2 po

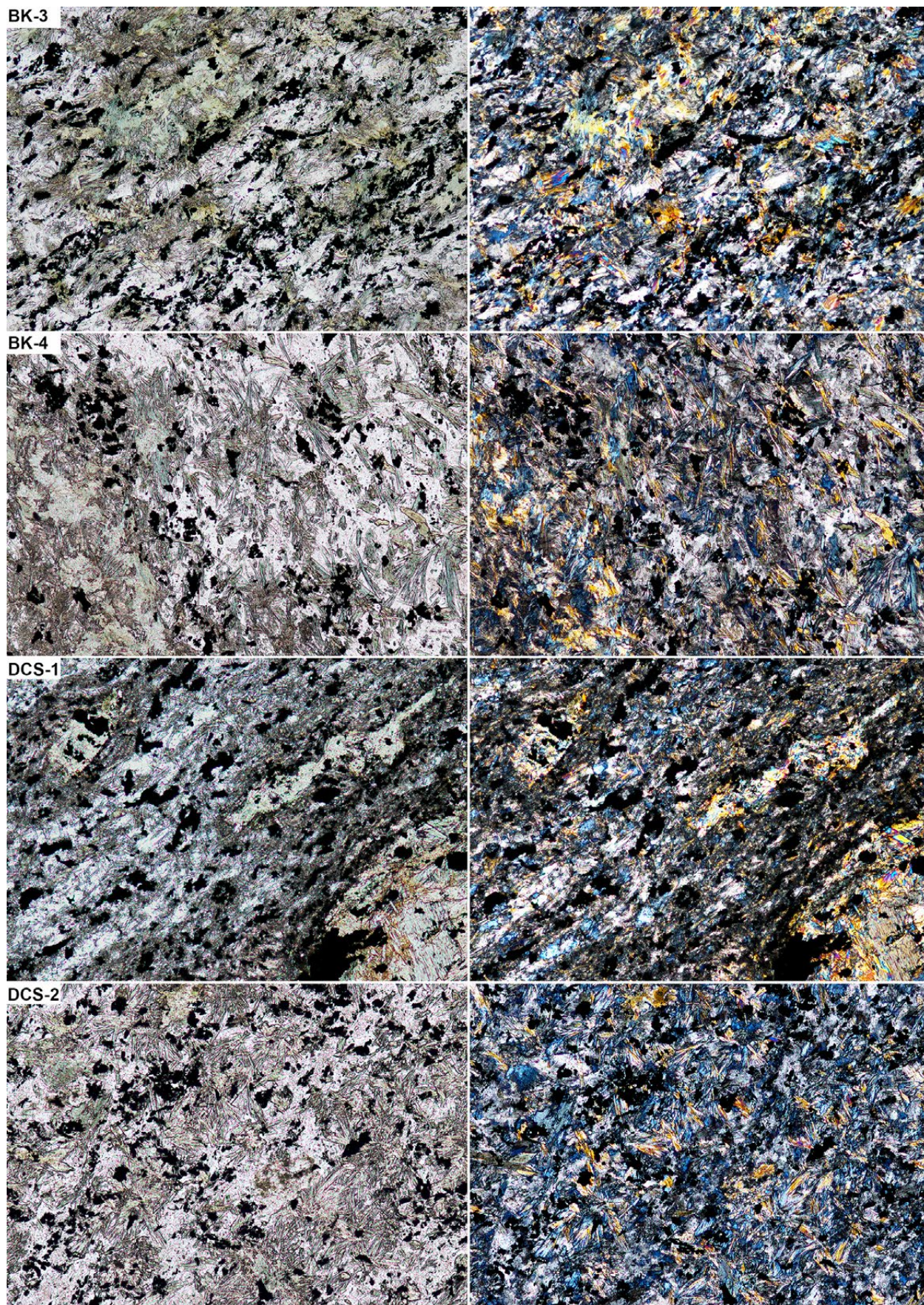
granátu, ze kterého jsou zachované jen reliktů - viz níže). Jako vedlejší minerál, případně akcesorie (obsahy cca 0.8 - 1.5 obj. %) je zastoupen **titanit**, který tvoří výrazná zrna lodičkovitého průřezu velikosti až do 0.15 mm. Akcesorii tvoří i ojediněle zastoupená soudečkovitá zrna **apa-**



Obr. 12 Projekce chemického složení chloritu z amfibolitu BK-1 v klasifikačním diagramu Melky (1965).

Tabulka 7 Chemické složení granátu z amfibolitu BK-1 a BK-2 (v hmot. %)

| | BK-1 (106 - 111) | | | | | | BK-2 (112 - 117) | | | | | |
|--------------------------------|------------------|--------|--------|--------|--------|--------|------------------|--------|--------|--------|--------|--------|
| | 106 | 107 | 108 | 109 | 110 | 111 | 112 | 113 | 114 | 115 | 116 | 117 |
| SiO ₂ | 38.56 | 38.16 | 38.66 | 38.13 | 39.13 | 38.96 | 39.47 | 39.15 | 38.79 | 38.98 | 39.50 | 38.18 |
| TiO ₂ | 0.17 | 0.18 | 0.11 | 0.11 | 0.15 | 0.15 | 0.05 | 0.04 | 0.01 | 0.06 | 0.01 | 0.13 |
| Cr ₂ O ₃ | 0.06 | 0.07 | 0.00 | 0.04 | 0.11 | 0.02 | 0.01 | 0.00 | 0.02 | 0.00 | 0.01 | 0.17 |
| Al ₂ O ₃ | 20.83 | 20.83 | 20.79 | 21.03 | 20.80 | 20.91 | 21.24 | 21.02 | 21.15 | 21.15 | 21.18 | 20.96 |
| FeO | 25.76 | 25.72 | 26.46 | 26.25 | 25.26 | 25.52 | 24.48 | 25.56 | 24.85 | 24.91 | 24.61 | 24.39 |
| MnO | 5.34 | 5.25 | 4.75 | 4.49 | 3.70 | 3.44 | 2.83 | 2.56 | 2.78 | 2.72 | 2.64 | 2.74 |
| NiO | 0.00 | 0.03 | 0.01 | 0.00 | 0.01 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.04 | 0.00 | 0.05 |
| MgO | 1.35 | 1.38 | 1.40 | 1.55 | 1.58 | 1.68 | 2.62 | 2.22 | 2.42 | 2.54 | 2.40 | 2.61 |
| CaO | 9.13 | 8.91 | 9.22 | 9.36 | 10.82 | 10.79 | 10.40 | 10.34 | 10.88 | 10.47 | 10.98 | 10.96 |
| Na ₂ O | 0.15 | 0.01 | 0.08 | 0.27 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.06 | 0.31 | 0.00 | 0.04 | 0.44 |
| K ₂ O | 0.00 | 0.01 | 0.01 | 0.01 | 0.00 | 0.01 | 0.03 | 0.02 | 0.03 | 0.02 | 0.00 | 0.01 |
| Total | 101.49 | 100.68 | 101.53 | 101.25 | 101.70 | 101.77 | 101.19 | 101.15 | 101.32 | 100.92 | 101.45 | 100.82 |
| Si | 3.041 | 3.037 | 3.046 | 3.001 | 3.067 | 3.054 | 3.080 | 3.070 | 3.019 | 3.053 | 3.077 | 2.984 |
| Ti | 0.010 | 0.011 | 0.007 | 0.007 | 0.009 | 0.009 | 0.003 | 0.002 | 0.001 | 0.004 | 0.001 | 0.008 |
| Σ | 3.051 | 3.048 | 3.053 | 3.008 | 3.076 | 3.063 | 3.083 | 3.072 | 3.020 | 3.057 | 3.078 | 2.992 |
| Cr | 0.004 | 0.004 | 0.000 | 0.002 | 0.007 | 0.001 | 0.001 | 0.000 | 0.001 | 0.000 | 0.001 | 0.011 |
| Al | 1.936 | 1.954 | 1.931 | 1.951 | 1.922 | 1.932 | 1.954 | 1.943 | 1.940 | 1.952 | 1.944 | 1.931 |
| Fe ³⁺ | 0.060 | 0.042 | 0.069 | 0.047 | 0.071 | 0.067 | 0.045 | 0.057 | 0.059 | 0.048 | 0.055 | 0.058 |
| Σ | 2.000 | 2.000 | 2.000 | 2.000 | 2.000 | 2.000 | 2.000 | 2.000 | 2.000 | 2.000 | 2.000 | 2.000 |
| Fe ²⁺ | 1.639 | 1.670 | 1.674 | 1.680 | 1.585 | 1.606 | 1.553 | 1.619 | 1.558 | 1.583 | 1.548 | 1.536 |
| Mn | 0.357 | 0.354 | 0.317 | 0.299 | 0.246 | 0.228 | 0.187 | 0.170 | 0.183 | 0.180 | 0.174 | 0.181 |
| Ni | 0.000 | 0.002 | 0.001 | 0.000 | 0.001 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.003 | 0.000 | 0.003 |
| Mg | 0.159 | 0.164 | 0.164 | 0.182 | 0.185 | 0.196 | 0.305 | 0.259 | 0.281 | 0.296 | 0.279 | 0.304 |
| Ca | 0.771 | 0.760 | 0.778 | 0.789 | 0.909 | 0.906 | 0.870 | 0.869 | 0.907 | 0.878 | 0.916 | 0.918 |
| Σ | 2.926 | 2.950 | 2.934 | 2.950 | 2.926 | 2.936 | 2.915 | 2.917 | 2.929 | 2.940 | 2.917 | 2.942 |
| Na | 0.023 | 0.002 | 0.012 | 0.041 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.009 | 0.047 | 0.000 | 0.006 | 0.067 |
| K | 0.000 | 0.001 | 0.001 | 0.001 | 0.000 | 0.001 | 0.003 | 0.002 | 0.003 | 0.002 | 0.000 | 0.001 |
| Total | 8.000 | 8.000 | 8.000 | 8.000 | 8.000 | 8.000 | 8.000 | 8.000 | 8.000 | 8.000 | 8.000 | 8.000 |
| Alm | 56.0 | 56.6 | 57.1 | 56.9 | 54.2 | 54.7 | 53.3 | 55.5 | 53.2 | 53.8 | 53.1 | 52.2 |
| Sps | 12.2 | 12.0 | 10.8 | 10.1 | 8.4 | 7.8 | 6.4 | 5.8 | 6.2 | 6.1 | 6.0 | 6.2 |
| And | 3.0 | 2.1 | 3.5 | 2.4 | 3.6 | 3.4 | 2.3 | 2.9 | 3.0 | 2.4 | 2.8 | 2.9 |
| Prp | 5.4 | 5.6 | 5.6 | 6.2 | 6.3 | 6.7 | 10.5 | 8.9 | 9.6 | 10.1 | 9.6 | 10.3 |
| Grs | 22.8 | 23.1 | 22.8 | 24.1 | 26.9 | 27.2 | 27.4 | 26.9 | 27.9 | 27.3 | 28.6 | 27.5 |
| Ti-Grs | 0.3 | 0.4 | 0.2 | 0.2 | 0.3 | 0.3 | 0.1 | 0.1 | 0.0 | 0.1 | 0.0 | 0.3 |
| Uva | 0.2 | 0.2 | 0.0 | 0.1 | 0.4 | 0.1 | 0.1 | 0.0 | 0.1 | 0.0 | 0.1 | 0.6 |
| Σ | 100.0 | 99.9 | 100.0 | 100.0 | 100.0 | 100.0 | 100.0 | 100.0 | 100.0 | 99.9 | 100.0 | 99.9 |

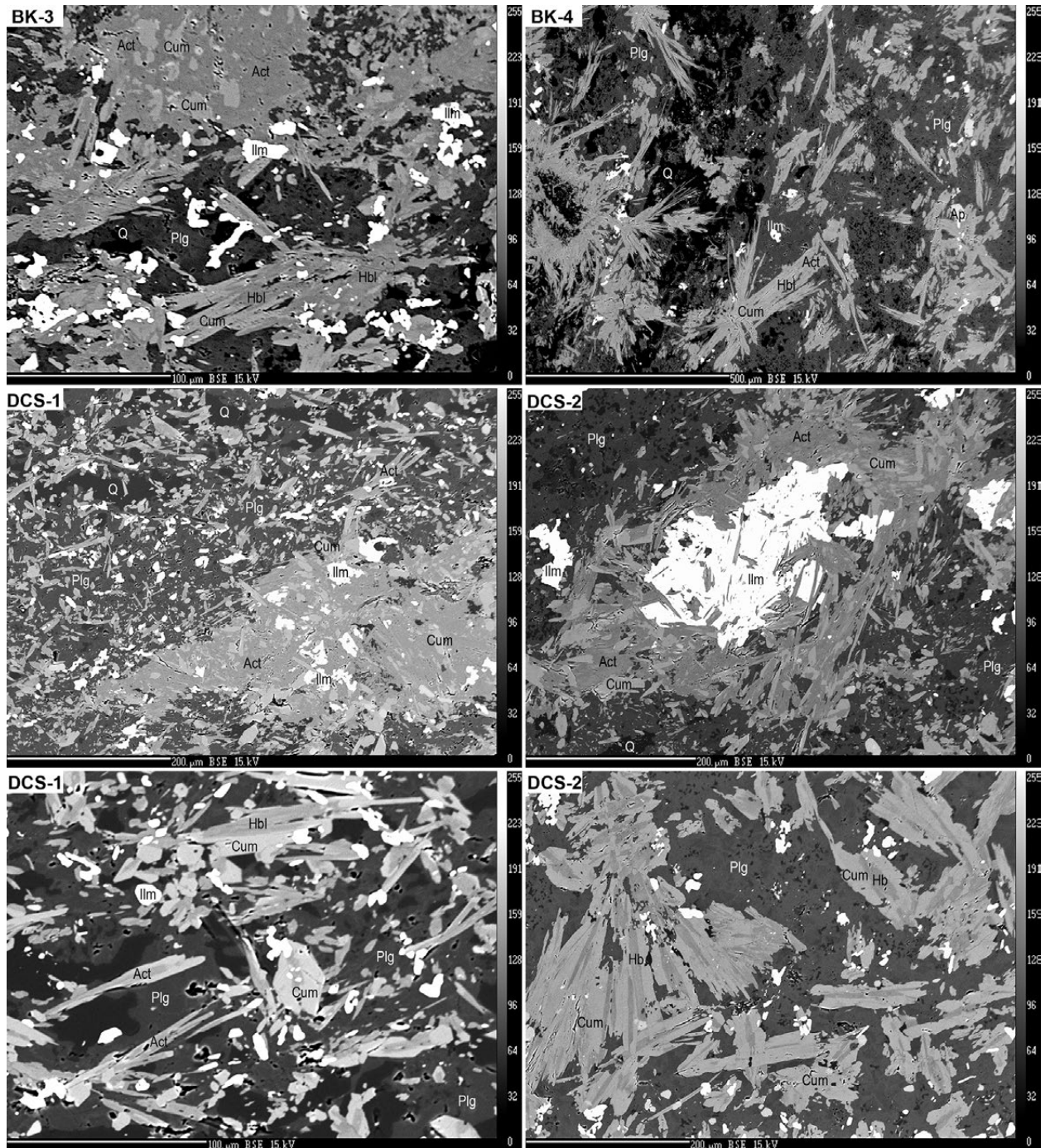


Obr. 13 Mikrofotografie amfibolového rohovce z nástrojů nalezených na lokalitě Bílý kámen (BK-3 a BK-4) a v oblasti Jístebska v katastru obce Dolní Černá Studnice (DCS-1 a DCS-2). Jehlice aktinolitů s cummingtonitem a místy i s relikty magneziohornblendu prorůstají vzájemně mezi sebou a ve světlejších pásčích případně paralelně uspořádaných protažených polohách s plagioklasem. Černá kostrovitá zrna náleží ilmenitu. Obrázky vlevo (PPL) jsou shodné s obrázky vpravo (XPL). Spodní strana obrázku je 1.18 mm. Foto B. Šreinová.

titu rovněž velikosti do 0.15 mm. Ojedinelé byla ve vzorku BK-2 v dutině velikosti 0.05 × 0.1 mm nalezena destičkovitá zrna **barytu**. Z rudních minerálů je zastoupen především **ilmenit**, který tvoří ostře omezená až kostrovitá zrna průměrné velikosti do 0.05 mm, v menší míře a ne ve všech vzorcích byl identifikován **magnetit** (nepravidelně čtvercové průřezy), který je příčinou zvýšené magnetické susceptibilitu horniny. Ojedinelé se v amfibolitu vyskytuje **granát**, který tvoří buď zrna velikosti do 1 × 1.5 mm (ve vzorku BK-1), nebo se vyskytuje v reliktech po původním

zrnu velikosti 0.6 × 0.4 mm (ve vzorku BK-2). Základní mineralogické složení a charakteristika amfibolitu jsou patrné z mikrofotografie (obr. 9).

Chemické složení minerálů v amfibolitu bylo studováno na dvou vzorcích. Prvním byl úštěp nástroje (**BK-1**), druhým hornina pocházející z výchozu v potoce nedaleko Bílého kamene směrem k Sedlišti (**BK-2**). Oba vzorky mají velmi blízké nejen mineralogické složení (viz výše) ale i chemismus všech studovaných minerálů, rozdíly jsou zanedbatelné. **Amfibol** je podle klasifikace Leaka



Obr. 14 BSE mikrofotografie amfibolového rohovce z nástrojů nalezených na lokalitě Bílý kámen (BK-3 a BK-4) a zdrojové suroviny z oblasti Jistebka v katastru obce Dolní Černá Studnice (DCS-1 a DCS-2). Sloupce až jehlice cummingtonitu (Cum) jsou ve shlicích s jehlicovitým až vláknitým aktinolitem (Act), který prorůstá do polohy s plagioklasem (Plg) a křemenem (Qz). Samostatné jehlice jsou občas tvořené v centrální části magneziohornblendem (Hbl) nebo aktinolitem, na okrajích cummingtonitem. Ilmenit (Ilm) tvoří kostrovitá zrna uspořádaná často v paralelně uspořádaných shlicích. Foto Z. Dolníček.

et al. (1997) zastoupen především *magneziorhornblendem*, ojediněle je výskyt *aktinolitů*, který byl zachycen v obou vzorcích v blízkosti titanitu, kde je v BSE zobrazení patrný jako tmavší růstová zóna na okraji zrn magneziorhornblendu. Naopak jako nepatrně světlejší fáze se jeví ojediněle se vyskytující *tschermakit-hornblend* (tab. 2, obr. 10). **Živec** ve vzorku BK-1 je zastoupen především kyselejším plagioklasem - *albitem* až *oligoklasem* An_{3-29} , většinou pouze v reliktech se vyskytuje *K-živec* (tab. 3, obr. 11), který se v BSE zobrazení jeví jako světlejší fáze oproti plagioklasu. Ve vzorku BK-2 byl navíc stanoven bazičtější plagioklas na hranici *andezin - labradorit* An_{48-54} a dva plagioklasy se zvýšeným podílem K-složky (tab. 3, obr. 11). **Titanit** tvoří lodičkovitá až nepravidelně protažená zrna, v BSE obraze je světle šedé barvy (obr. 9). Občas uzavírá zrna *ilmenitu*, která se vyskytují i samostatně ve formě nepravidelných až kostrovitých zrn (obr. 9). Chemizmus titanitu je obdobný u obou vzorků (tab. 4), ilmenit byl analyzován pouze u vzorku BK-1 (tab. 5), avšak vyskytuje se jako akcesorie běžně v podobné for-

mě ve všech studovaných amfibolitech. Rovněž **chlorit** (mikroskopicky patrný ve studovaných amfibolitech) byl analyzován pouze u vzorku BK-1 (tab. 6). Jeho složení odpovídá *ripidolitu* až *klinochloru*, ojediněle *thuringitu* (obr. 12). **Granát** byl analyzován jak u vzorku BK-1, tak u vzorku BK-2. Ačkoliv se ve vzorku BK-1 vyskytuje jako poměrně homogenní zrna a ve vzorku BK-2 je pouze v reliktech, chemizmus je v obou případech velmi blízký (tab. 7), rozdíly jsou nepodstatné. Ve vzorku BK-1 byl oproti vzorku BK-2 zaznamenán zvýšený podíl *almandinové* složky (54.2 - 57.1 mol. % oproti 52.2 - 55.5 mol. %) a *spessartinové* složky (7.8 - 12.2 mol. % oproti 5.8 - 6.4 mol. %) a snížený podíl *pyropové* složky (5.4 - 6.7 mol. % oproti 8.9 - 10.5 mol. %) a *grossulárové* složky (22.8 - 27.2 mol. % oproti 26.9 - 28.6 mol. %). U vzorku BK-2 byla analyticky potvrzena i přítomnost **epidotu** a **barytu**.

Spilitový tufit (metamorfovaný spilitový tufit)

Hornina je velmi jemnozrná až celistvá. Hlavní součástí horniny jsou až při velkém zvětšení patrná velmi drobná vlákna až jehličky zeleného až mírně nahnědlého

Tabulka 8 Vybrané chemické analýzy amfibolu z amfibolového rohovce z úlomků nástrojů BK-3 a BK-4 (v hmot. %)

| | BK-3 (13 - 18) | | | | | BK-4 (19 - 24) | | | | | | | |
|--------------------------------|----------------|--------------|-----------|---------------|-----------|----------------|--------------|--------------|-----------|--------------|-----------|-----------|--|
| | Cum 13 | Mg-Hbl 14 | Act 15 | Act-Hbl 16 | Cum 17 | Cum 18 | Mg-Hbl 19 | Mg-Hbl 20 | Act 21 | Mg-Hbl 22 | Cum 23 | Cum 24 | |
| SiO ₂ | 54.16 | 49.84 | 52.29 | 51.36 | 53.49 | 52.95 | 48.30 | 46.78 | 52.92 | 45.47 | 52.90 | 54.12 | |
| TiO ₂ | 0.05 | 0.32 | 0.28 | 0.21 | 0.27 | 0.14 | 0.33 | 0.23 | 0.15 | 0.31 | 0.03 | 0.27 | |
| Cr ₂ O ₃ | 0.02 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.05 | 0.01 | 0.00 | 0.02 | 0.03 | 0.11 | |
| Al ₂ O ₃ | 0.58 | 6.84 | 5.16 | 4.78 | 1.65 | 0.89 | 8.75 | 9.36 | 4.21 | 10.65 | 1.52 | 1.37 | |
| Fe ₂ O ₃ | 0.00 | 3.94 | 2.19 | 2.17 | 0.00 | 0.00 | 6.25 | 8.46 | 1.90 | 9.11 | 1.49 | 0.00 | |
| FeO | 27.39 | 14.79 | 15.35 | 14.47 | 25.79 | 26.57 | 9.68 | 7.40 | 10.43 | 7.56 | 20.65 | 22.64 | |
| MnO | 0.68 | 0.26 | 0.22 | 0.17 | 0.54 | 0.63 | 0.30 | 0.24 | 0.24 | 0.33 | 1.00 | 0.94 | |
| NiO | 0.05 | 0.00 | 0.00 | 0.02 | 0.00 | 0.01 | 0.05 | 0.04 | 0.00 | 0.04 | 0.02 | 0.02 | |
| MgO | 14.44 | 11.79 | 12.19 | 13.28 | 13.97 | 14.38 | 12.12 | 12.16 | 16.23 | 11.30 | 17.50 | 17.02 | |
| CaO | 0.80 | 9.95 | 10.94 | 11.09 | 2.08 | 0.94 | 11.67 | 11.62 | 10.92 | 11.61 | 1.21 | 1.17 | |
| Na ₂ O | 0.08 | 0.64 | 0.70 | 0.20 | 0.12 | 0.00 | 0.72 | 0.84 | 0.34 | 0.81 | 0.17 | 0.03 | |
| K ₂ O | 0.01 | 0.08 | 0.07 | 0.05 | 0.02 | 0.03 | 0.10 | 0.13 | 0.07 | 0.15 | 0.02 | 0.02 | |
| H ₂ O | 2.02 | 2.06 | 2.08 | 2.06 | 2.01 | 1.98 | 2.08 | 2.06 | 2.09 | 2.05 | 2.03 | 2.05 | |
| F | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | |
| Cl | 0.01 | 0.02 | 0.03 | 0.02 | 0.04 | 0.03 | 0.01 | 0.01 | 0.01 | 0.01 | 0.01 | 0.00 | |
| F,Cl=O | 0.00 | 0.01 | 0.01 | 0.01 | 0.01 | 0.01 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | |
| Total | 100.28 | 100.53 | 101.49 | 99.87 | 99.97 | 98.54 | 100.40 | 99.33 | 99.51 | 99.42 | 98.58 | 99.76 | |
| Si | 8.048 | 7.246 | 7.506 | 7.472 | 7.949 | 7.998 | 6.970 | 6.814 | 7.567 | 6.647 | 7.803 | 7.924 | |
| Ti | 0.006 | 0.035 | 0.030 | 0.023 | 0.030 | 0.016 | 0.036 | 0.025 | 0.016 | 0.034 | 0.003 | 0.030 | |
| Cr | 0.002 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.006 | 0.001 | 0.000 | 0.002 | 0.003 | 0.013 | |
| Al ^{IV} | 0.000 | 0.754 | 0.494 | 0.528 | 0.051 | 0.002 | 1.030 | 1.186 | 0.433 | 1.353 | 0.197 | 0.076 | |
| Al ^{VI} | 0.102 | 0.418 | 0.379 | 0.292 | 0.238 | 0.157 | 0.458 | 0.421 | 0.277 | 0.482 | 0.067 | 0.161 | |
| Fe ³⁺ | 0.000 | 0.431 | 0.237 | 0.237 | 0.000 | 0.000 | 0.678 | 0.927 | 0.205 | 1.002 | 0.165 | 0.000 | |
| Fe ²⁺ | 3.403 | 1.799 | 1.842 | 1.760 | 3.205 | 3.356 | 1.168 | 0.901 | 1.247 | 0.924 | 2.547 | 2.772 | |
| Mn | 0.086 | 0.032 | 0.027 | 0.021 | 0.068 | 0.081 | 0.037 | 0.030 | 0.029 | 0.041 | 0.125 | 0.117 | |
| Ni | 0.006 | 0.000 | 0.000 | 0.002 | 0.000 | 0.001 | 0.006 | 0.005 | 0.000 | 0.005 | 0.002 | 0.002 | |
| Mg | 3.198 | 2.555 | 2.608 | 2.880 | 3.094 | 3.237 | 2.607 | 2.640 | 3.459 | 2.462 | 3.847 | 3.714 | |
| Ca | 0.127 | 1.550 | 1.682 | 1.728 | 0.331 | 0.152 | 1.804 | 1.813 | 1.673 | 1.818 | 0.191 | 0.184 | |
| Na | 0.023 | 0.180 | 0.195 | 0.056 | 0.035 | 0.000 | 0.201 | 0.237 | 0.094 | 0.230 | 0.049 | 0.009 | |
| K | 0.002 | 0.015 | 0.013 | 0.009 | 0.004 | 0.006 | 0.018 | 0.024 | 0.013 | 0.028 | 0.004 | 0.004 | |
| H | 1.997 | 1.995 | 1.993 | 1.995 | 1.990 | 1.992 | 1.998 | 1.998 | 1.998 | 1.998 | 1.998 | 2.000 | |
| F | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | |
| Cl | 0.003 | 0.005 | 0.007 | 0.005 | 0.010 | 0.008 | 0.002 | 0.002 | 0.002 | 0.002 | 0.002 | 0.000 | |
| Total | 17.003 | 17.015 | 17.013 | 17.008 | 17.005 | 17.006 | 17.019 | 17.024 | 17.013 | 17.028 | 17.003 | 17.006 | |
| Mg/(Mg+Fe ²⁺) | 0.48 | 0.59 | 0.59 | 0.62 | 0.49 | 0.49 | 0.69 | 0.74 | 0.73 | 0.73 | 0.60 | 0.57 | |

Cum - cummingtonit; Act - aktinolit; Mg-Hbl - magneziorhornblend; Act-Hbl - aktinolit-hornblend

aktinolitů, které zatlačují původní minerály. Výrazně se v hornině projevují ojedinělá zrna střípkovitého křemene (velikost do 0.05 mm), silně saussuritizovaný živec - albit až oligoklas (velikost do 0.15 mm) a rozložené vulkanické sklo. Dále se na složení horniny podílejí chlorit, leukoxen a opakní minerál, který se vyskytuje ve formě zrn, případně shluků zrn (velikost cca 0.03 - 0.12 mm) a patrně náleží ilmenitu. Akcesoricky je zastoupen zirkon a obecný amfibol. Struktura horniny je mikrofibroblastická, textura všesměrná až subparalelní.

Amfibolový rohovec

Mikroskopickému studiu bylo podrobena devět úštěpů ze souboru HM NM a dva vzorky hornin z Dolní Černé Studnice, následnému podrobnému chemickému studiu dva úštěpy (BK-3, BK-4) a dva vzorky možné zdrojové horniny z Dolní Černé Studnice (DCS-1, DCS-2).

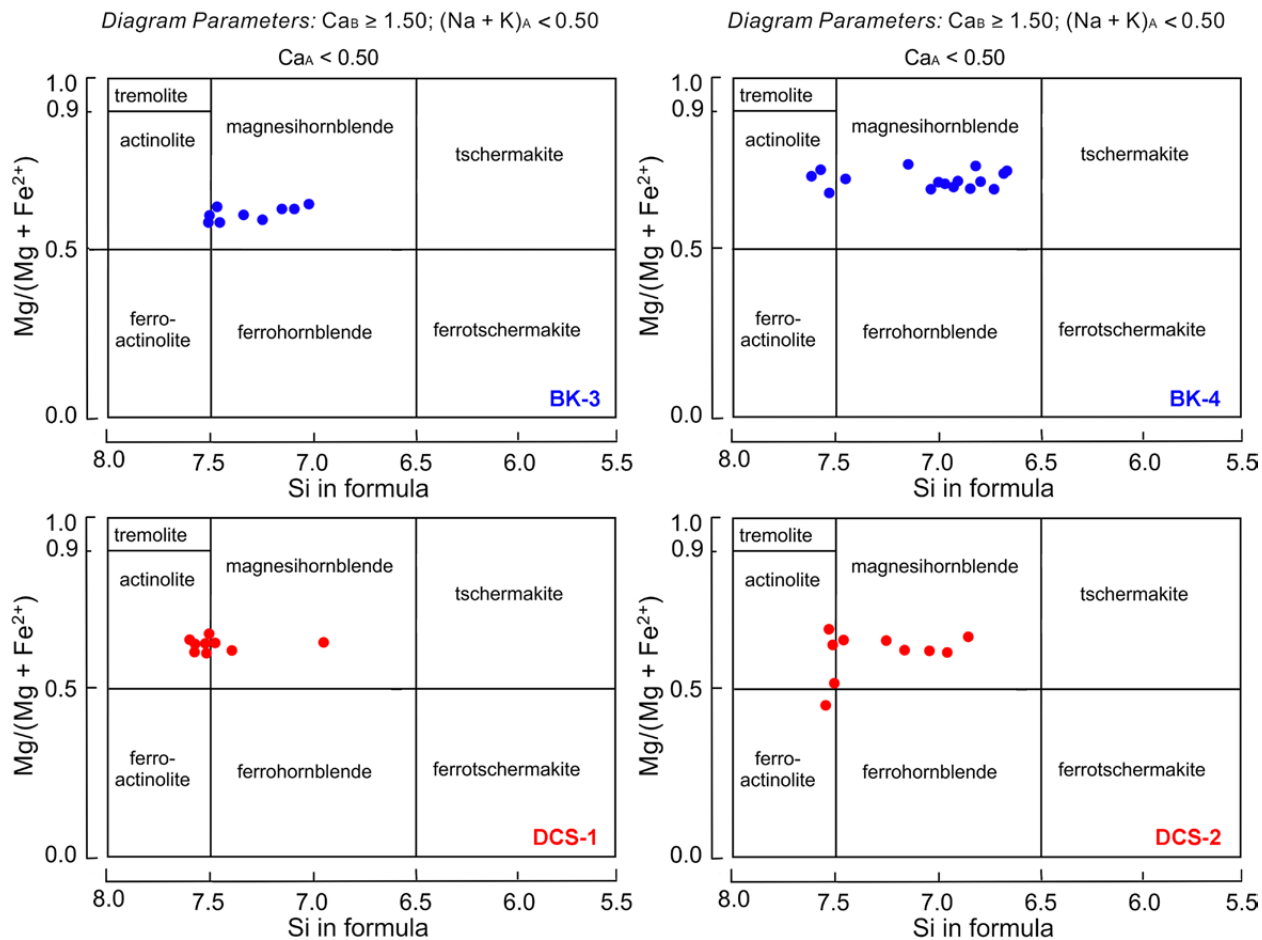
Jak horniny artefaktů, tak horniny ze zdrojové lokality mají několik společných shodných znaků. Struktura je granonematoblastická až granonematofibroblastická.

Textura horniny je subparalelní. Mikroskopicky jde o horniny velmi jemnozrné až jemnozrné, charakteristické je výrazné intimní prorůstání jehlicovitých až lištovitých krystalů **amfibolu** (především *aktinolitu*, příp. *cummingtonitu*, ojediněle je v centrech krystalů přítomen *hornblend*) s **plagioklasem** (obr. 13 a 14). V rámci vnitřního uspořádání lze vyčlenit dva základní typy, které se mohou i v rámci jedné horniny střídát či prolínat. Prvním typem jsou horniny typické pravidelným střídáním světlejších a tmavších pásků - světlejších s podstatným zastoupením aktinolitu (příp. cummingtonitu a hornblendu) a plagioklasu, v nichž je podíl aktinolitu mírně vyšší než podíl plagioklasu, případně je podíl obou minerálů přibližně stejný (Act ~ Pl), oproti tmavším páskům s podstatným zastoupením aktinolitu (příp. cummingtonitu), plagioklasu a ilmenitu, kde nejvyšší podíl náleží aktinolitu (80 – 95 %), v menším a přibližně stejném množství jsou zastoupeny plagioklas a ilmenit (Act >> Pl + Ilm) (obr. 13). Druhým typem jsou horniny, které se na rozdíl od předchozích hornin vyznačují paralelně protaženými čočkami a šířky tvořenými pře-

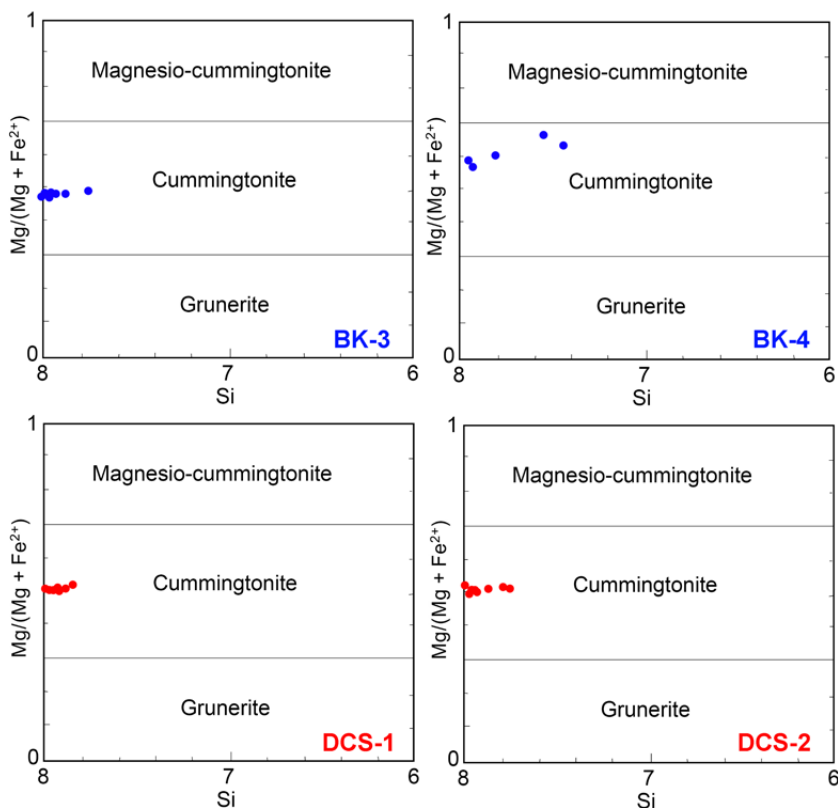
Tabulka 9 Vybrané chemické analýzy amfibolu z amfibolového rohovce z Dolní Černé Studnice DCS-1a DCS-2 (v hmot. %)

| | DCS-1 (25 - 30) | | | | | | DCS-2 (31 - 36) | | | | | |
|--------------------------------|-----------------|-----------|-----------|---------------|-----------|--------------|-----------------|-----------|-----------|---------------|--------------|-----------|
| | Cum 25 | Act 26 | Cum 27 | Act-Hbl 28 | Act 29 | Mg-Hbl 30 | Cum 31 | Cum 32 | Act 33 | Act-Hbl 34 | Mg-Hbl 35 | Cum 36 |
| SiO ₂ | 54.13 | 51.58 | 53.28 | 51.76 | 52.61 | 47.69 | 53.37 | 54.09 | 51.72 | 49.78 | 47.01 | 53.59 |
| TiO ₂ | 0.01 | 0.22 | 0.09 | 0.36 | 0.22 | 0.45 | 0.05 | 0.02 | 0.16 | 0.20 | 0.57 | 0.02 |
| Cr ₂ O ₃ | 0.01 | 0.05 | 0.05 | 0.04 | 0.04 | 0.05 | 0.06 | 0.02 | 0.01 | 0.15 | 0.09 | 0.02 |
| Al ₂ O ₃ | 0.55 | 6.61 | 0.89 | 5.08 | 4.38 | 8.99 | 1.24 | 0.55 | 4.26 | 6.87 | 9.36 | 0.89 |
| Fe ₂ O ₃ | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 1.47 | 0.89 | 6.54 | 0.00 | 0.00 | 2.59 | 3.27 | 6.75 | 0.00 |
| FeO | 26.81 | 15.54 | 26.42 | 14.00 | 14.27 | 10.91 | 25.61 | 25.99 | 13.74 | 12.58 | 10.33 | 26.66 |
| MnO | 0.49 | 0.15 | 0.47 | 0.16 | 0.16 | 0.21 | 0.50 | 0.54 | 0.13 | 0.15 | 0.18 | 0.54 |
| NiO | 0.00 | 0.00 | 0.04 | 0.01 | 0.02 | 0.04 | 0.02 | 0.04 | 0.00 | 0.05 | 0.00 | 0.03 |
| MgO | 14.95 | 13.13 | 14.96 | 13.39 | 13.92 | 10.75 | 14.90 | 15.31 | 13.03 | 12.31 | 10.93 | 15.25 |
| CaO | 0.79 | 9.46 | 1.03 | 11.37 | 10.99 | 11.49 | 1.74 | 1.04 | 11.75 | 11.53 | 11.73 | 0.83 |
| Na ₂ O | 0.00 | 0.33 | 0.09 | 0.31 | 0.35 | 0.93 | 0.06 | 0.10 | 0.37 | 0.47 | 0.80 | 0.10 |
| K ₂ O | 0.02 | 0.09 | 0.00 | 0.06 | 0.09 | 0.09 | 0.02 | 0.01 | 0.06 | 0.11 | 0.13 | 0.01 |
| H ₂ O | 2.01 | 2.05 | 2.01 | 2.07 | 2.07 | 2.06 | 2.02 | 2.02 | 2.06 | 2.06 | 2.05 | 2.02 |
| F | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| Cl | 0.03 | 0.03 | 0.00 | 0.01 | 0.02 | 0.01 | 0.01 | 0.01 | 0.02 | 0.01 | 0.01 | 0.00 |
| F,Cl=O | 0.01 | 0.01 | 0.00 | 0.00 | 0.01 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.01 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| Total | 99.79 | 99.24 | 99.33 | 100.09 | 100.03 | 100.21 | 99.59 | 99.74 | 99.89 | 99.53 | 99.94 | 99.96 |
| Si | 8.059 | 7.509 | 7.950 | 7.484 | 7.594 | 6.941 | 7.929 | 8.024 | 7.522 | 7.256 | 6.858 | 7.939 |
| Ti | 0.001 | 0.024 | 0.010 | 0.039 | 0.024 | 0.049 | 0.006 | 0.002 | 0.017 | 0.022 | 0.063 | 0.002 |
| Cr | 0.001 | 0.006 | 0.006 | 0.005 | 0.005 | 0.006 | 0.007 | 0.002 | 0.001 | 0.017 | 0.010 | 0.002 |
| Al ^{IV} | 0.000 | 0.491 | 0.050 | 0.516 | 0.406 | 1.059 | 0.071 | 0.000 | 0.478 | 0.744 | 1.142 | 0.061 |
| Al ^{VI} | 0.097 | 0.643 | 0.106 | 0.350 | 0.339 | 0.484 | 0.147 | 0.096 | 0.252 | 0.437 | 0.468 | 0.094 |
| Fe ³⁺ | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.159 | 0.097 | 0.717 | 0.000 | 0.000 | 0.284 | 0.358 | 0.740 | 0.000 |
| Fe ²⁺ | 3.338 | 1.892 | 3.296 | 1.693 | 1.722 | 1.328 | 3.182 | 3.224 | 1.671 | 1.534 | 1.260 | 3.302 |
| Mn | 0.062 | 0.018 | 0.059 | 0.020 | 0.020 | 0.026 | 0.063 | 0.068 | 0.016 | 0.019 | 0.022 | 0.068 |
| Ni | 0.000 | 0.000 | 0.005 | 0.001 | 0.002 | 0.005 | 0.002 | 0.005 | 0.000 | 0.006 | 0.000 | 0.004 |
| Mg | 3.317 | 2.849 | 3.327 | 2.886 | 2.995 | 2.332 | 3.300 | 3.385 | 2.824 | 2.674 | 2.377 | 3.367 |
| Ca | 0.126 | 1.475 | 0.165 | 1.761 | 1.699 | 1.792 | 0.277 | 0.165 | 1.831 | 1.801 | 1.833 | 0.132 |
| Na | 0.000 | 0.093 | 0.026 | 0.087 | 0.098 | 0.262 | 0.017 | 0.029 | 0.104 | 0.133 | 0.226 | 0.029 |
| K | 0.004 | 0.017 | 0.000 | 0.011 | 0.017 | 0.017 | 0.004 | 0.002 | 0.011 | 0.020 | 0.024 | 0.002 |
| H | 1.992 | 1.993 | 2.000 | 1.998 | 1.995 | 1.998 | 1.997 | 1.997 | 1.995 | 1.998 | 1.998 | 2.000 |
| F | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 |
| Cl | 0.008 | 0.007 | 0.000 | 0.002 | 0.005 | 0.002 | 0.003 | 0.003 | 0.005 | 0.002 | 0.002 | 0.000 |
| Total | 17.005 | 17.017 | 17.000 | 17.012 | 17.018 | 17.018 | 17.005 | 17.002 | 17.011 | 17.021 | 17.023 | 17.002 |
| Mg/(Mg+Fe ²⁺) | 0.50 | 0.60 | 0.50 | 0.63 | 0.63 | 0.64 | 0.51 | 0.51 | 0.63 | 0.64 | 0.65 | 0.50 |

Cum - cummingtonit; Act - aktinolit; Mg-Hbl - magneziohornblend; Act-Hbl - aktinolit-hornblend



Obr. 15 Projekce chemického složení vápenatého amfibolu z amfibolového rohovce BK-3, BK-4, DCS-1 a DCS-2 v diagramu podle Leaka et al. (1997).



Obr. 16 Projekce chemického složení železno-hořečnatého amfibolu z amfibolového rohovce BK-3, BK-4, DCS-1 a DCS-2 v diagramu podle Leaka et al. (1997).

Tabulka 10 Vybrané chemické analýzy živce z amfibolového rohovce z úlomků nástrojů BK-3 a BK-4 (v hmot. %)

| | BK-3 (49 - 54) | | | | | | BK-4 (55 - 60) | | | | | |
|--------------------------------|----------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|----------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| | Lab 49 | Lab 50 | Byt 51 | Byt 52 | Byt 53 | Byt 54 | Lab 55 | And 56 | Lab 57 | Byt 58 | Lab 59 | Byt 60 |
| SiO ₂ | 52.74 | 53.17 | 48.63 | 49.35 | 47.41 | 49.59 | 51.30 | 59.60 | 53.42 | 49.31 | 55.46 | 50.19 |
| Al ₂ O ₃ | 29.69 | 29.64 | 32.73 | 31.46 | 33.13 | 31.98 | 31.00 | 26.04 | 29.22 | 32.16 | 28.40 | 31.91 |
| Fe ₂ O ₃ | 0.00 | 0.00 | 0.27 | 0.24 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.19 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| FeO | 0.30 | 0.28 | 0.00 | 0.00 | 0.32 | 0.15 | 0.21 | 0.15 | 0.09 | 0.19 | 0.15 | 0.16 |
| MnO | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.03 | 0.03 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| MgO | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.01 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| CaO | 13.50 | 12.41 | 15.89 | 14.57 | 16.76 | 15.25 | 13.68 | 7.80 | 11.78 | 15.03 | 10.97 | 15.37 |
| Na ₂ O | 3.37 | 4.31 | 2.56 | 3.28 | 1.85 | 2.86 | 3.59 | 6.87 | 4.80 | 2.79 | 5.29 | 2.63 |
| K ₂ O | 0.02 | 0.04 | 0.01 | 0.03 | 0.02 | 0.03 | 0.04 | 0.25 | 0.03 | 0.02 | 0.05 | 0.01 |
| Total | 99.62 | 99.85 | 100.09 | 98.93 | 99.49 | 99.87 | 99.82 | 100.74 | 99.56 | 99.50 | 100.32 | 100.27 |
| Si | 2.419 | 2.416 | 2.222 | 2.272 | 2.189 | 2.268 | 2.339 | 2.650 | 2.427 | 2.264 | 2.495 | 2.291 |
| Al | 1.605 | 1.587 | 1.763 | 1.707 | 1.803 | 1.724 | 1.666 | 1.365 | 1.565 | 1.740 | 1.506 | 1.717 |
| Fe ³⁺ | 0.000 | 0.000 | 0.009 | 0.008 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.007 | 0.000 | 0.000 | 0.000 |
| Fe ²⁺ | 0.012 | 0.011 | 0.000 | 0.000 | 0.012 | 0.006 | 0.008 | 0.006 | 0.003 | 0.007 | 0.006 | 0.006 |
| Mn | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.001 | 0.001 | 0.000 | 0.000 | 0.000 |
| Mg | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.001 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 |
| Ca | 0.663 | 0.604 | 0.778 | 0.719 | 0.829 | 0.747 | 0.668 | 0.372 | 0.573 | 0.739 | 0.529 | 0.752 |
| Na | 0.300 | 0.380 | 0.227 | 0.293 | 0.166 | 0.254 | 0.317 | 0.592 | 0.423 | 0.248 | 0.461 | 0.233 |
| K | 0.001 | 0.002 | 0.001 | 0.002 | 0.001 | 0.002 | 0.002 | 0.014 | 0.002 | 0.001 | 0.003 | 0.001 |
| Total | 5.000 | 5.000 | 5.000 | 5.000 | 5.000 | 5.000 | 5.000 | 5.000 | 5.000 | 5.000 | 5.000 | 5.000 |
| An | 68.8 | 61.3 | 77.3 | 70.9 | 83.3 | 74.5 | 67.7 | 38.0 | 57.4 | 74.8 | 53.2 | 76.3 |
| Alb | 31.1 | 38.5 | 22.6 | 28.9 | 16.6 | 25.3 | 32.1 | 60.6 | 42.4 | 25.1 | 46.5 | 23.6 |
| K-ž | 0.1 | 0.2 | 0.1 | 0.2 | 0.1 | 0.2 | 0.2 | 1.4 | 0.2 | 0.1 | 0.3 | 0.1 |

Lab - labradorit; Byt - bytownit; And - andezin; An - anortitová složka; Alb - albitová složka; K-ž - K-složka

Tabulka 11 Vybrané chemické analýzy živce z amfibolového rohovce z Dolní Černé Studnice DCS-1a DCS-2 (v hmot. %)

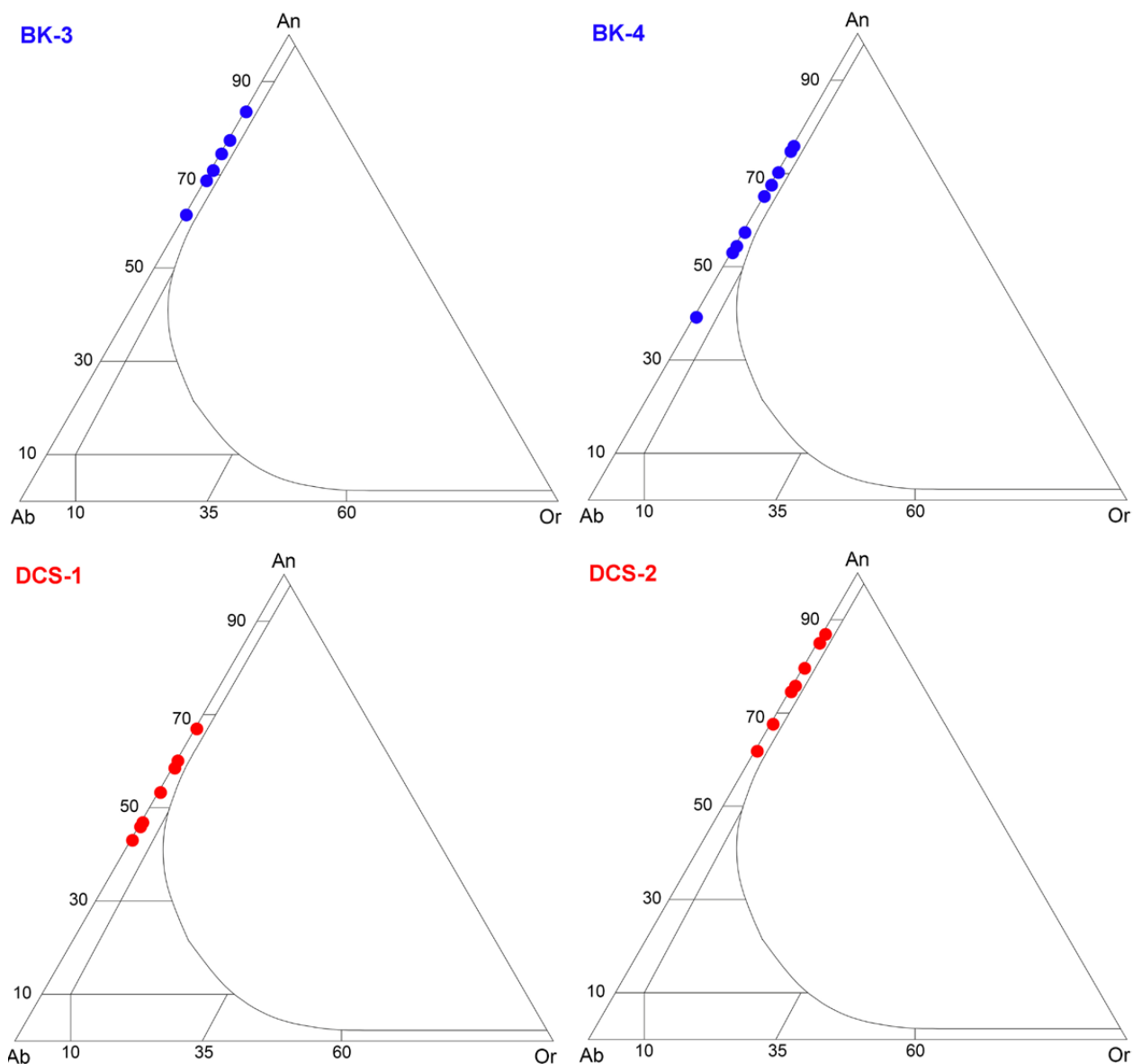
| | DCS-1 (61 - 66) | | | | | DCS-2 (67 - 72) | | | | | | |
|--------------------------------|-----------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| | Lab 61 | Lab 62 | Lab 63 | And 64 | And 65 | Lab 66 | Byt 67 | Lab 68 | Byt 69 | Byt 70 | Byt 71 | Byt 72 |
| SiO ₂ | 54.14 | 55.90 | 53.44 | 58.34 | 57.21 | 52.13 | 47.00 | 52.18 | 46.58 | 45.61 | 48.36 | 48.00 |
| Al ₂ O ₃ | 29.42 | 28.56 | 29.28 | 26.69 | 27.11 | 30.51 | 33.69 | 30.59 | 33.77 | 34.34 | 32.59 | 32.81 |
| Fe ₂ O ₃ | 0.00 | 0.00 | 0.24 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.02 | 0.00 | 0.00 | 0.28 | 0.14 | 0.27 |
| FeO | 0.19 | 0.37 | 0.00 | 0.30 | 0.32 | 0.25 | 0.18 | 0.20 | 0.21 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| MnO | 0.00 | 0.03 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.01 | 0.00 | 0.02 | 0.00 | 0.01 | 0.00 |
| MgO | 0.00 | 0.00 | 0.06 | 0.00 | 0.00 | 0.06 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.01 |
| CaO | 12.23 | 10.95 | 12.11 | 8.82 | 9.53 | 13.80 | 17.30 | 13.82 | 17.49 | 17.99 | 15.65 | 16.26 |
| Na ₂ O | 4.46 | 5.31 | 4.76 | 6.45 | 6.22 | 3.78 | 1.68 | 3.66 | 1.45 | 1.51 | 2.75 | 2.30 |
| K ₂ O | 0.04 | 0.04 | 0.02 | 0.05 | 0.04 | 0.03 | 0.02 | 0.03 | 0.04 | 0.02 | 0.02 | 0.03 |
| Total | 100.48 | 101.16 | 99.91 | 100.65 | 100.43 | 100.56 | 99.90 | 100.48 | 99.56 | 99.75 | 99.52 | 99.68 |
| Si | 2.444 | 2.496 | 2.419 | 2.603 | 2.560 | 2.358 | 2.162 | 2.364 | 2.153 | 2.101 | 2.218 | 2.206 |
| Al | 1.565 | 1.503 | 1.562 | 1.404 | 1.430 | 1.627 | 1.827 | 1.634 | 1.840 | 1.865 | 1.762 | 1.777 |
| Fe ³⁺ | 0.000 | 0.000 | 0.008 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.001 | 0.000 | 0.000 | 0.010 | 0.005 | 0.009 |
| Fe ²⁺ | 0.007 | 0.014 | 0.000 | 0.011 | 0.012 | 0.009 | 0.007 | 0.008 | 0.008 | 0.000 | 0.000 | 0.000 |
| Mn | 0.000 | 0.001 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.001 | 0.000 | 0.000 | 0.000 |
| Mg | 0.000 | 0.000 | 0.004 | 0.000 | 0.000 | 0.004 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.001 |
| Ca | 0.591 | 0.524 | 0.587 | 0.422 | 0.457 | 0.669 | 0.852 | 0.671 | 0.866 | 0.888 | 0.769 | 0.800 |
| Na | 0.390 | 0.460 | 0.418 | 0.558 | 0.540 | 0.331 | 0.150 | 0.322 | 0.130 | 0.135 | 0.245 | 0.205 |
| K | 0.002 | 0.002 | 0.001 | 0.003 | 0.002 | 0.002 | 0.001 | 0.002 | 0.002 | 0.001 | 0.001 | 0.002 |
| Total | 5.000 | 5.000 | 5.000 | 5.000 | 5.000 | 5.000 | 5.000 | 5.000 | 5.000 | 5.000 | 5.000 | 5.000 |
| An | 60.1 | 53.2 | 58.4 | 42.9 | 45.7 | 66.7 | 85.0 | 67.5 | 86.8 | 86.7 | 75.8 | 79.5 |
| Alb | 39.7 | 46.6 | 41.5 | 56.8 | 54.1 | 33.1 | 14.9 | 32.3 | 13.0 | 13.2 | 24.1 | 20.3 |
| K-ž | 0.2 | 0.2 | 0.1 | 0.3 | 0.2 | 0.2 | 0.1 | 0.2 | 0.2 | 0.1 | 0.1 | 0.2 |

Lab - labradorit; Byt - bytownit; And - andezin; An - anortitová složka; Alb - albitová složka; K-ž - K-složka

devším aktinolitům s nepatrným podílem plagioklasu (Act >> Pl) s nulovým podílem ilmenitu; patrně jde o původní zrna obecného amfibolu, která jsou zcela zatlačena aktinolitům (příp. cummingtonitem). Tyto „čočky“ obklopuje základní tkáň tvořená aktinolitům, plagioklasem a ilmenitem (obr. 13).

Amfibol – aktinolit je nejhojněji zastoupeným minerálem. Je pleochroický (světle zelený až žlutavý), jehlicovitý až vláknitý, se všesměrným až radiálně paprscitým uspořádáním jehlic (vláken) o velikosti 0.001 - 0.06 mm. Aktinolitové jehličky (g/c = 15°) výrazně prorůstají celou horninu a zatlačují i ostatní horninové součástky jako je plagioklas a v nepatrné míře zastoupený křemen (obr. 13). **Plagioklas** tvoří xenomorfně až hypidiomorfně omezená, lištovitě protažená zrna, která jsou často prorůstána aktinolitům. Jen ojediněle je patrné, vzhledem k výrazné jemnozrnnosti, dvojčatné lamelování, občas je patrná saussuritizace. **Křemen** je v podobě drobných nepravidelných zrn přítomen v malém množství, jeho podíl obvykle u různých vzorků kolísá mezi 1.5 - 3 obj. % (výjimečně až 5 obj. %). Výrazné zastoupení (v průměru 10 obj. %) má **ilmenit**, který tvoří kostrovitá zrna uspořádaná v hornině všesměrně až subparalelně. Je součástí především tmavých pásků, v menší míře i Act-Pl-Q pásků (poloh) (obr. 13 a 14). Akcesoricky je přítomen **apatit**, který se vyskytuje v podobě drobných soudečkovitých až okrouhlých zrn.

Studium chemizmu potvrdilo mikroskopické pozorování. V horninách jsou zastoupeny v podstatném množství amfibol, plagioklas a ilmenit. **Amfibol** se vyskytuje ve formě *aktinolitu*, *cummingtonitu* a *magnezihornblendu*. V tmavých souvislejších polohách (páscích, šlírech, čočkovitě protažených „hnízdech“) horniny výrazně převažuje *aktinolit* nad *cummingtonitem*, což je velmi dobře patrné v BSE zobrazení (obr. 14). *Cummingtonit* (světle šedý v BSE obraze) tvoří krátké sloupečky až jehlice v jemně vláknitém až jehlicovitém *aktinolitu* (šedý v BSE obraze). Jehlice amfibolu rovněž zatlačují a prostupují plagioklas (tmavě šedý v BSE obraze) s ojedinělými nepravidelnými zrnky křemene (černý v BSE obraze). Tento jehlicovitý amfibol je, jak v případě hornin pocházejících z neolitických artefaktů, tak v případě hornin ze zdrojových lokalit, tvořen v centru *aktinolitům*, případně je zachované *magnezihornblendové* jádro, zatímco okraje jehlic jsou tvořeny především *cummingtonitem* (obr. 14). Z obrázků 15 a 16 s vnesenou projekcí bodů všech analýz (vybrané analýzy jsou v tab. 8 a 9) vápenatého amfibolu a železna-



Obr. 17 Projekce chemického složení plagioklasu z amfibolového rohovce BK-3, BK-4, DCS-1 a DCS-2.

Krystalický vápenec

Pro podrobnější studium byly zhotoveny výbrusy ze dvou vzorků. Oba jsou tvořeny krystaly kalcitu bez patrných dalších příměsí. Velikost krystalů se pohybuje v rozmezí 0.15 - 0.45 mm, ojedinělé trhliny v mramoru jsou vyhojené drobným kalcitem velikosti do 0.04 mm (obr. 18). Tento drobný kalcit se občas vyskytuje i na hranicích větších krystalů.

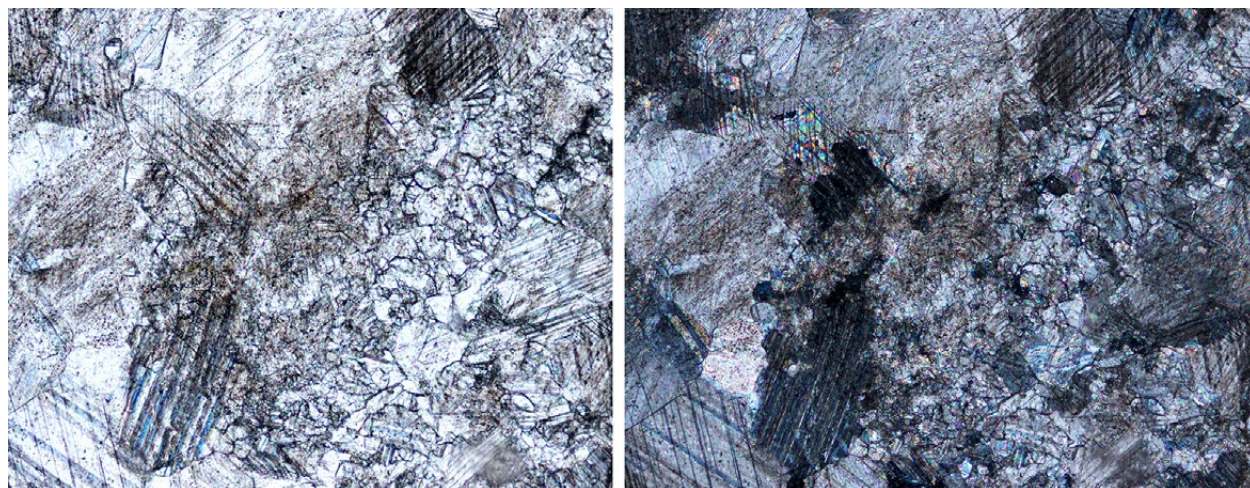
Diskuse a závěr

Studium neolitických kamenných artefaktů na lokalitě Bílý kámen vneslo nový pohled na horniny, z nichž byly kamenné nástroje k těžbě mramoru používané vyrobeny. Původní práce z roku 1939 (Žebera 1939) zmiňuje jako surovinu pouze amfibolit, případně páskovaný amfibolit z okolí lokality. Naše studium prokázalo použití nejen místní suroviny, ale z výrazné části i využití nástrojů z amfibolového rohovce (metabazitu) typu Pojizeří. Jednotlivě pak byly identifikovány i nástroje z jiných surovin (bazaltu, spilitového tufitu, serpentinitu a dalších) (obr. 8). Vzhledem k tomu, že Žebera přistupoval k zdrojové surovině pouze z pohledu podobnosti s páskovaným amfibolitem z okolí lokality, přiřadil k němu i všechny ostatní nástroje s páskovanou stavbou. Nový pohled na zdroj neolitických kamenných nástrojů (obecně) předurčil objev těžební lokality na katastru obce Jistebsko (Šrein et al. 2002, 2003). Do té doby neznámá provenience neolitických kamenných nástrojů dostala konkrétní podobu. Těžba na Jistebsku probíhala zejména v období kultury s lineární keramikou až do starší fáze kultury s vypíchanou keramikou, kdy probíhala čilá distribuce na velké vzdálenosti. Téměř stoprocentní zastoupení této horniny nalezneme v okruhu až 250 km od těžební lokality, avšak byly identifikované i v souborech z neolitických sídlišť až ve vzdálenosti 500 km (Šída 2006). V mladším období těžba ustala a k výrobě kamenných nástrojů byla zpracovávána hlavně méně kvalitní surovina patrně převážně z teras řek, případně byly upraveny a dále použity staré poškozené nástroje zhotovené z amfibolového rohovce (metabazitu typu Pojizeří). Tomuto poznatku odpovídá i surovinová skladba nástrojů z Bílého kamene, kde byl mramor těžen především v mladší fázi kultury s vypíchanou keramikou (Zápotočká 1984, 2001). Zde ale vyvstávají další otázky,

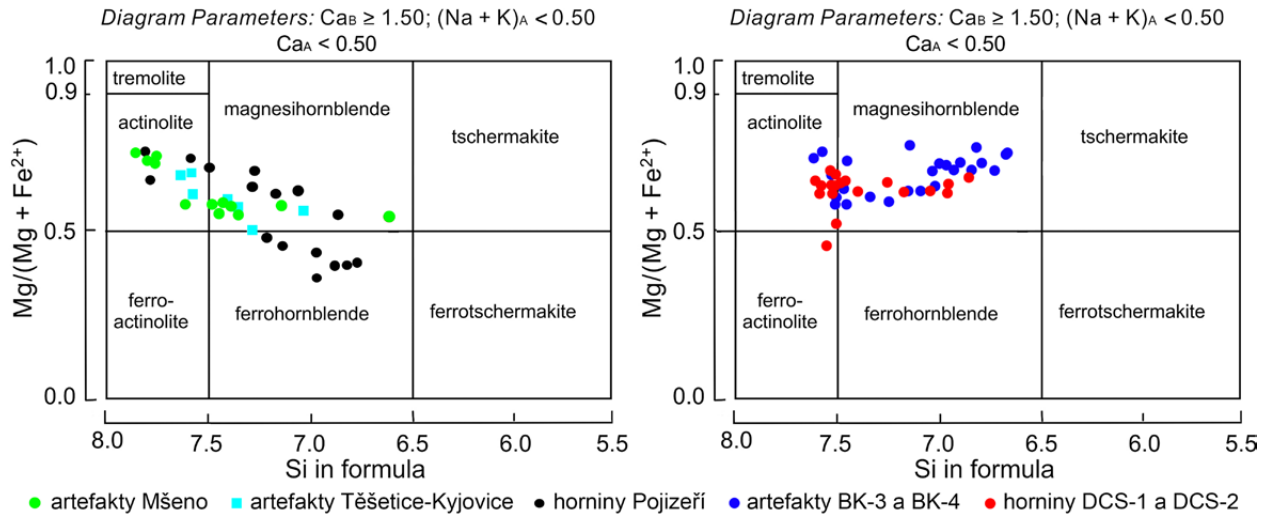
neboť ozdobné mramorové předměty byly nalezeny i na archeologických lokalitách s doloženým starším osídlením, například drobné korálky byly nalezeny v Křimicích v hrobě kultury s lineární keramikou (Metlička 2015). Uvedené předměty však byly prohlédnuty jen makroskopicky, přičemž byla nastíněna shoda materiálů, avšak bude nutné doplnit chemický, případně izotopový rozbor, aby mohla být jejich identita s mramorem z Bílého kamene buď potvrzena nebo vyvrácena.

Podíváme-li se tedy podrobněji na surovinové složení kamenných nástrojů z Bílého kamene, můžeme konstatovat výrazné zastoupení nejen hornin z okolí lokality, ale i hornin z Pojizeří (obr. 8). **Amfibolity (páskované amfibolity)** pocházejí z blízkého okolí lokality - z kutnohorského krystalinika (obr. 7), podle jiných interpretací geologické stavby (Synek, Oliveriová 1993; Novák, Vránová 1994) z gföhlské jednotky moldanubika, případně z ratajské zóny, kde se vyskytují poměrně mohutná tělesa jak všesměrných hrubozrnných, tak i středně zrnitých až hrubozrnných páskovaných amfibolitů. Podrobným studiem byla potvrzena shoda těchto hornin s horninami artefaktů z Bílého kamene. Doklad této shody je patrný i z chemického složení horninotvorných minerálů (tab. 2 - 7, obr. 9 - 12) příslušných hornin artefaktů a hornin z výchozů v okolí.

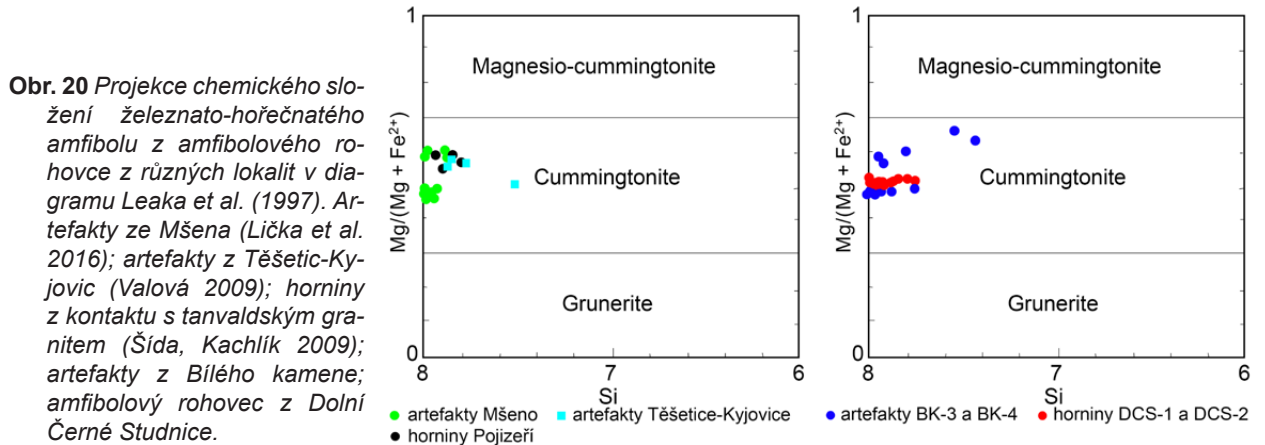
Další velkou a pro lokalitu podstatnou skupinu tvoří artefakty z **amfibolového rohovce (metabazitu)** typu Pojizeří. U těchto hornin je často patrné druhotné použití, kdy na sídlišti již nepotřebný poškozený nástroj byl druhotně použit na těžbu mramoru. Podrobněji byly studovány horniny dvou artefaktů a dvě horniny z lokality v katastru obce Jistebsko. Na základě makroskopického, mikroskopického i chemického studia byla shoda těchto hornin potvrzena (tab. 8 - 13, obr. 13 - 17). Mikroskopické studium neprokázalo žádné výraznější odchylky, pouze nepatrná odchylka je patrná v chemickém složení amfibolu a ilmenitu horniny artefaktu (BK-4). Vzhledem k tomu bylo přistoupeno k porovnání nově získaných analytických dat s výsledky z dalších prací (Lička et al. 2016; Valová 2009; Šída, Kachlík 2009; Šrein et al. 1999) (obr. 19 - 21). U horniny artefaktu BK-4 se projevuje oproti starším i našim analýzám vyšší hodnota $Mg/(Mg+Fe^{2+})$, přičemž toto je patrné u aktinolitů, magneziohornblendů i u cummingtonitů. Nepatrná odlišnost je zaznamenána i u ilme-



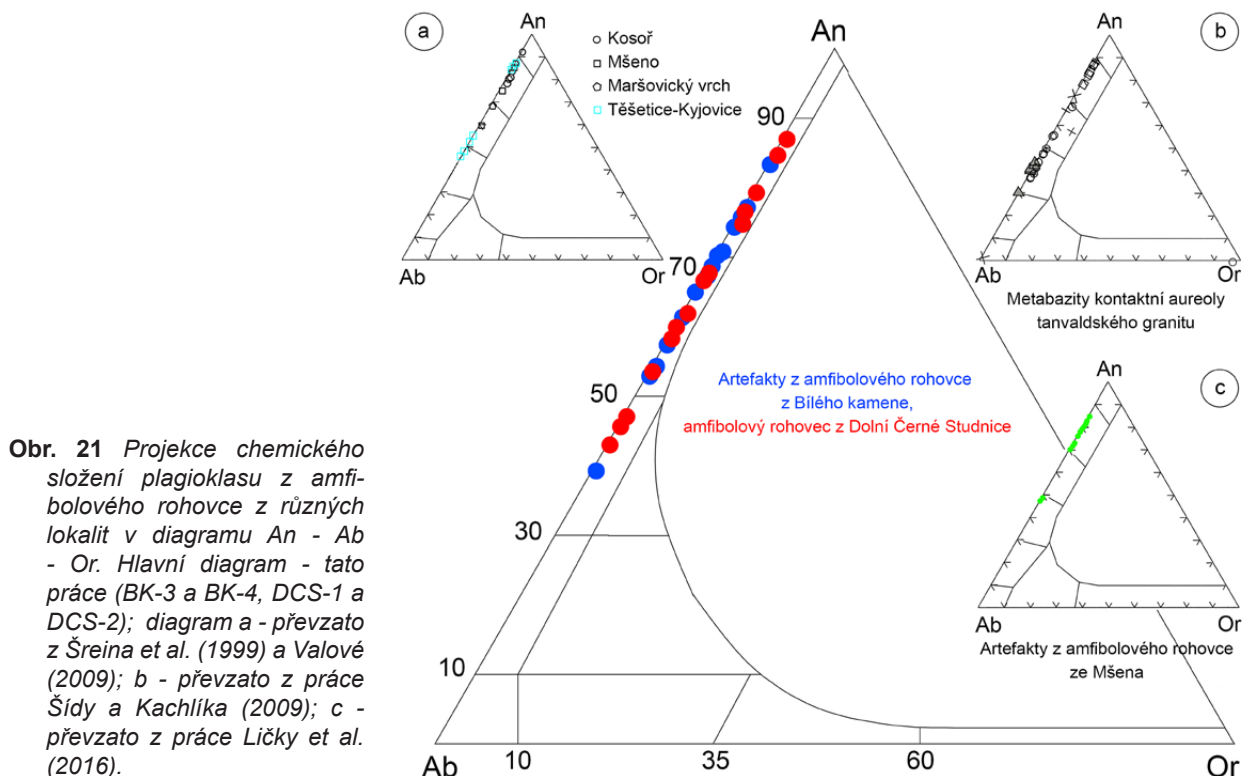
Obr. 18 Mikrofotografie krystalického vápence z Bílého kamene. Klence kalcitu velikosti do 0.45 mm s polohou s drobnějšími krystaly o velikosti do 0.04 mm. Obrázek vlevo v PPL, obrázek vpravo v XPL. Spodní strana obrázku je 1.18 mm. Foto B. Šreinová.



Obr. 19 Projekce chemického složení vápenatého amfibolu z amfibolového rohovce z různých lokalit v diagramu Leaka et al. (1997). Artefakty ze Mšena (Lička et al. 2016); artefakty z Těšetic-Kyjovic (Valová 2009); horniny z kontaktu s tanvaldským granitem (Šída, Kachlík 2009); artefakty z Bílého kamene; amfibolový rohovec z Dolní Černé Studnice.



Obr. 20 Projekce chemického složení železato-hořečnatého amfibolu z amfibolového rohovce z různých lokalit v diagramu Leaka et al. (1997). Artefakty ze Mšena (Lička et al. 2016); artefakty z Těšetic-Kyjovic (Valová 2009); horniny z kontaktu s tanvaldským granitem (Šída, Kachlík 2009); artefakty z Bílého kamene; amfibolový rohovec z Dolní Černé Studnice.



Obr. 21 Projekce chemického složení plagioklasu z amfibolového rohovce z různých lokalit v diagramu An - Ab - Or. Hlavní diagram - tato práce (BK-3 a BK-4, DCS-1 a DCS-2); diagram a - převzato z Šreina et al. (1999) a Valové (2009); b - převzato z práce Šídy a Kachlíka (2009); c - převzato z práce Ličky et al. (2016).

nitru, kde bylo zjištěno nepatrné navýšení podílu Mn a snížení podílu Ti. Avšak s ohledem na ostatní zjištěná data spojená s artefaktem BK-4, která se nijak nevymykají ostatním horninám artefaktů a zdrojovým horninám, lze i tuto horninu přiřadit k metabazitu typu Pojizeří (obr. 19 - 21).

Co se týká výše zmíněného stáří těžební lokality, náš výzkum surovinové základny pracovních nástrojů dokládá především mladší fázi těžby v kultuře s vypíchanou keramikou, kdy již nebyla k dispozici kvalitní horninová surovina na výrobu kamenných broušených nástrojů. K těžbě zde byly využívány poškozené kusy zejména metabazitu typu Pojizeří, případně jiné jednotlivé horniny, jejichž vlastnosti nedosahovaly potřebné kvality. Na výrobu kamenných nástrojů byly z poměrně významné části použity i amfibolity (páskované amfibolity) z kutnohorského krystalinika (obr. 7), které ale také zcela nesplňovaly nároky na kvalitní surovinu, neboť poměrně snadno při práci se dřevem nebo posléze při náročné práci spojené s těžbou mramoru praskaly nebo se jinak poškodily.

Mramor z lokality Bílý kámen byl studován jen okrajově a do budoucna by bylo vhodné zaměřit se na jeho podrobnější studium v souvislosti s výrobou a distribucí ozdobných předmětů nejen po území Čech, ale i do zahraničí. V souvislosti zejména se záchrannými archeologickými průzkumy dochází stále k novým nálezům, které by bylo dobré začlenit do širšího výzkumu právě v souvislosti s mramorovou surovinou.

Poděkování

Předložená práce vznikla za finanční podpory Ministerstva kultury ČR v rámci institucionálního financování dlouhodobého koncepčního rozvoje výzkumné organizace Národní muzeum (DKRVO 2018/03, 00023272) a podpoře České geologické služby, Praha. Poděkování patří T. Davidové z Muzea Podblanicka, která mj. poskytla skicu pozůstatků po těžbě na Bílém kameni z 60. let minulého století, a V. Slunečkovi z oddělení pravěku a antického starověku HM NM za poskytnutí možnosti studovat kolekci neolitických kamenných nástrojů z Bílého kamene.

Literatura

- LEAKE BE, WOOLLEY AR, ARPS CES, BIRCH WD, GILBERT MC, GRICE JD, HAWTHORNE FC, KATO A, KISCH HJ, KRIVOVICHEV VG, LINTHOUT K, LAIRD J, MANDARINO JA, MARESCHE W, NICKEL EH, ROCK NMS, SCHUMACHER JC, SMITH DC, STEPHENSON NCN, UNGARETTI L, WHITTAKER L, YOUZHI G (1997) Nomenclature of amphiboles: Report of the subcommittee on amphiboles of the International Mineralogical Association, Commission on new minerals and minerals names. *Canad Mineral* 35: 219-246
- LIČKA M, BENEŠ J, ČULÍKOVÁ V, DOBISÍKOVÁ M, HANÁKOVÁ H, JAROŠOVÁ I, KYSELÝ R, NERUDOVÁ Z, OPRAVIL E, ŠIDA P, ŠREIN V, ŠREINOVÁ B (2016): Osídlení ze starší etapy vývoje kultury s vypíchanou keramikou ve Mšeně. Národní muzeum, Praha, 1-209
- MELKA K (1965) Návrh na klasifikaci chloritových minerálů. *Věst Ústf Úst geol* 40: 23-27
- METLIČKA M A KOL. (2015) Pravěk a raný středověk jihozápadních Čech. Katalog expozice Pohledy do minulosti Plzeňského kraje. Západočeské muzeum v Plzni 1-168
- NOVÁK JK, VRBOVÁ H (1996) Petrogenesis and geochemistry of mafic rocks from the Kutná Hora Crystalline Complex and the neighbouring part of the Rataje Micaschist Zone. *Geolines* 4: 1-41
- POUCHOU JL, PICOIR F (1985) „PAP“ (phi-rho-z) procedure for improved quantitative microanalysis. In: ARMSTRONG JT (ed) *Microbeam Analysis*. San Francisco Press, San Francisco: 104-106
- SCHUMACHER JC (1996) The estimation of the proportion of ferric iron in the electron-microprobe analysis of amphiboles. *Canad Mineral* 34: 238-246
- SYNEK J, OLIVERIOVÁ D (1993) Terrane character of the north-east margin of the Moldanubian Zone: the Kutná hora Crystalline Complex, Bohemian Massif. *Geol Rundsch* 82: 566-582
- ŠIDA P (2006) Distribuční areály surovin v neolitu na území České republiky. *Archeolog Rozhl* 58: 407-426
- ŠIDA P, KACHLÍK V (2009) Geological setting, petrology and mineralogy of metabasites in a thermal aureole of Tanvald granite (northern Bohemia) used for the manufacture of Neolithic tools. *J Geosci* 54: 269-287
- ŠREIN V, ŠREINOVÁ B, ŠTASTNÝ M (2003) Objev unikátního neolitického těžební areálu u Jistebka v severních Čechách. *Bull Mineral-Petrolog Odd Nár Muz (Praha)* 11: 19-32
- ŠREIN V, ŠREINOVÁ B, ŠTASTNÝ M, LANGROVÁ A (1999) Příspěvek k mineralogickému a petrografickému výzkumu neolitických a eneolitických nástrojů České republiky. In: Sbor. Otázky neolitu a eneolitu 1998, Archeologický ústav SAV, Nitra (ed. KUZMA I): 255-270
- ŠREIN V, ŠREINOVÁ B, ŠTASTNÝ M, ŠIDA P, PROSTŘEDNÍK J (2002) Neolitický těžební areál na katastru obce Jistebko. *Archeologie ve středních Čechách* 6: 91-99
- ŠREINOVÁ B, ŠREIN V, ŠTASTNÝ M (2002) Horniny z okolí Vraného nad Vltavou. In: Sbor. Otázky neolitu a eneolitu našich krajín (Eds. CHEBEN I, KUZMA I). Archeologický ústav SAV, Nitra: 405-408
- VALOVÁ P (2009) Petrografický výzkum kamenné broušné industrie z neolitického sídliště v Těšeticích-Kyjovicích. MS, Diplomová práce, Masarykova univerzita, Přírodovědecká fakulta, Brno, 1-74
- ZÁPOTOCKÁ M (1984) Armringe aus Marmor und anderen Rohstoffen im jüngeren Neolithikum Böhmens und Mitteleuropa. *Památky archeologické* 75: 50-130
- ZÁPOTOCKÁ M (2001) Těžba bílých krystalických vápenců a dolomitů na Bílém kameni u Sázavy a výroba mramorových náramků. *Sázavsko* 8: 28-33
- ŽEBERA K (1939) Archeologický výzkum Posázaví. I. zpráva. Neolitické a středověké vápencové doly na „Bílém kameni“ u Sázavy. *Památky archeologické* 41 (1936/38): 51-58