UNIVERZITA PALACKÉHO V OLOMOUCI

PŘÍRODOVĚDECKÁ FAKULTA

KATEDRA GEOLOGIE

POSOUZENÍ VHODNOSTI VÝCHODOSLOVENSKÉHO OBSIDIÁNU PRO VÝROBU CHIRURGICKÝCH SKALPELŮ

Bakalářská práce

SABINA KUČEROVÁ

Environmentální geologie

prezenční studium

Vedoucí práce: Mgr. Martin Moník, Ph.D.

Konzultanti: Ing. Hynek Hadraba, Ph.D., Mgr. Petr Neruda, Ph.D.

2018

Bibliografická identifikace

Jméno a příjmení autora: Sabina Kučerová

Název práce: Posouzení vhodnosti východoslovenského obsidiánu pro výrobu chirurgických skalpelů

Typ práce: bakalářská

Pracoviště: Univerzita Palackého v Olomouci, Přírodovědecká fakulta, Katedra geologie

Vedoucí práce: Mgr. Martin Moník, Ph.D.

Rok obhajoby práce: 2018

Abstrakt:

Obsidián je přírodní vulkanické sklo, které bylo v pravěku hojně využíváno jako řezný nástroj k léčebným účelům. Již v té době byly obsidiánové čepele známy a ceněny pro svoji ostrost. Využití obsidiánových čepelí se uplatňuje i v dnešní moderní chirurgii při drobných zákrocích. Tato bakalářská práce je zaměřena na posouzení vhodnosti východoslovenského obsidiánu ze známé zdrojové lokality Viničky pro výrobu chirurgických čepelí a následně jeho porovnání s obsidiánem z turecké lokality Hasan Dagi. Mezi metody použité k posouzení kvality východoslovenského a tureckého obsidiánu patří analýza na spektrálním elektronovém mikroskopu, mikroskopický popis pomocí polarizačního mikroskopu, planimetrická analýza, zkouška mikrotvrdosti, změření šířky ostří experimentálních čepelí a zhodnocení jejich kvality. Podle výsledků aplikovaných metod není slovenský obsidián vhodný pro výrobu chirurgických skalpelů.

Klíčová slova: Zemplínské vrchy, Viničky, obsidián, obsidiánové čepele, Hasan Dagi chirurgie

Počet stran: 49

Počet příloh: 2

Jazyk: český

Bibliographical identification

Autor´s first name and surname: Sabina Kučerová

Title: An assesment of the suitability eastern Slovakian obsidian for the production of surgical scalpels

Type of thesis: Bachelor

Institution: Palacký University in Olomouc, Faculty of Science, Department of Geology

Supervisor: Mgr. Martin Moník, Ph.D.

The year of presentation: 2018

Abstract: Obsidian is a natural volcanic glass, which was used as a cutting tool for medical purposes. Already at that time the obsidian blades were known and appreciated for their sharpness. The use of obsidian blades is also used in today's modern surgery for minor interventions. This bachelor thesis focuses on the assessment of the suitability of eastern Slovakian obsidian from the well-known Viničky source site for the production of surgical blades and its comparison with the obsidian from the Turkish site Hasan Dagi. Among the methods used to assess the quality of Slovakian and Turkish obsidian are spectral electron microscopy, microscopic description using a polarizing microscope, planimetric analysis, microhardness test, measurement of the blade width of experimental blades and evaluation of their quality. According to the results of applied methods, the Slovak obsidian is not suitable for the production of surgical scalpels.

Keywords: Zemplin Mountains,Viničky, obsidian, obsidian blades, Hasan Daği, surgery

Number of pages: 49

Number of appendices: 2

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci s názvem „Posouzení vhodnosti východoslovenského obsidiánu na výrobu chirurgických skalpelů“ vypracovala samostatně, pod odborným dohledem vedoucího práce za použití odborné literatury, kterou řádně cituji a uvádím v seznamu použité literatury.

_____

Sabina Kučerová

V Olomouci dne 16. 7. 2018

Poděkování

V první řadě bych chtěla poděkovat svému vedoucímu práce panu Mgr. Martinu Moníkovi, Ph.D. za cenné rady, trpělivost a vstřícný přístup. Dále bych ráda poděkovala konzultantům práce, panu Mgr. Petru Nerudovi, Ph.D. za zhotovení experimentálních čepelí a panu Ing. Hynku Hadrabovi, Ph.D. za změření šířky ostří, pořízení makrosnímků a mikrosnímků čepelí, dále za zhotovení řezu přes ostří a za změření mikrotvrdosti. Další poděkování patří katedře geologie UP, zejména panu RNDr. Kamilu Kropáčovi, Ph.D. a také panu Mgr. Jaroslavu Kapustovi. V poslední řadě bych ráda poděkovala svojí rodině a blízkým přátelům za podporu při psaní této práce.

Obsah

1. ÚVOD 7
2. OBSIDIÁN A JEHO VLASTNOSTI 8
3. ZÁJMOVÁ LOKALITA VINIČKY NA SLOVENSKU 10
3.1. Geomorfologie zájmové lokality 10
3.2. Geologie lokality Viničky 11
3.3. Obsidiány z Viniček 12
4. LOKALITA HASAN DAGI V TURECKU 13
4.1. Geomorfologie lokality Hasan Dagi 13
4.2. Geologie lokality Hasan Dagi 14
4.3 Obsidiány z Hasan Dagi 16
5. PRIMÁRNÍ ZROJ OBSIDIÁNU V PRAVĚKU VE STŘEDNÍ EVROPĚ 17
6. APLIKACE OBSIDIÁNU V CHIRURGII 18
6.1. Obsidián jako řezný nástroj v minulosti 18
6.2. Historie obsidiánových skalpelů v moderní chirurgii 19
7. VLASTNOSTI OBSIDIÁNOVÝCH ČEPELÍ 22
7.1. Výhody obsidiánových čepelí a jejich porovnání s chirurgickou ocelí 22
7.2. Diamantové skalpely 23
7.3. Možné využití obsidiánových skalpelů v moderní chirurgii 23
8. METODIKA 24
9. VÝSLEDKY VÝZKUMU 25
9.1. Terénní výzkum 25
9.2. Analýza a mikroskopický popis minerálů 25
a) Obsidián z Viniček 25
b) Obsidián z Hasan Dagi 27
9.3. Planimetrická analýza 30
a) Obsidián z Viniček 30
b) Obsidián z Hasan Dagi 31
9.4. Kvalita a šířka ostří experimentálních čepelí 33
9.5. Mikrotvrdost 36
10. DISKUZE 38
11. ZÁVĚR 40
12. SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY 41

1. ÚVOD

Obsidiány jsou všeobecně známy pro svou výjimečnou ostrost. V minulosti byly hojně používány pravěkým člověkem jako nože, hroty šípů, zbraně, zrcadla, různé ornamenty apod. (Rapp 2009). Pro svoji ostrost byly využívány pravěkým člověkem jako jedny z prvních nástrojů při operacích ve formě velmi účinných čepelí. V současnosti jsou příležitostně využívány jako chirurgické nástroje při lehkých zákrocích u některých soukromých chirurgů díky svému kvalitnímu ostří, u něhož je známo, že je až stonásobně (i více) ostřejší než klasické ostří z chirurgické oceli (McIlrath 1984).

Tato bakalářská práce je zaměřená na zhodnocení kvality a vhodnosti východoslovenského obsidiánu ze známé zdrojové lokality Viničky pro výrobu chirurgických čepelí a následně jeho porovnání s obsidiánem pocházející z lokality Hasan Dagi ležící v centrální části Turecka.

Rešeršní část práce je převážně zaměřená na využití obsidiánu v pravěku, historii využívání obsidiánových skalpelů v moderní chirurgii, jejich aplikaci, výhody i nevýhody a také jejich porovnání s ocelovými a diamantovými skalpely. Laboratorní část sestávala z mikroskopického a makroskopického popisu obou typů obsidiánů a mechanických i jiných zkoušek a analýz (viz Metodika). V závěru je vhodnost slovenského obsidiánu pro chirurgické účely kriticky zhodnocena.

2. OBSIDIÁN A JEHO VLASTNOSTI

Obsidián je kompaktní nepřeměněné sopečné sklo s vysokým obsahem Si a s nízkým obsahem vody (nejčastěji pod 1%), jež je zpravidla ryolitového složení (Rapp 2009). Toto vulkanické sklo vzniká následkem magmatické činnosti, při níž dojde k rychlému kontaktu žhavé, kyselé a viskózní lávy s chladným prostředím a k následnému utuhnutí. Svůj název získal obsidián po římském občanovi Obsiovi, jež toto sopečné sklo objevil v Etiopii (např. Jedickeová 2004).

Obsidián se nejčastěji vyskytuje v barvě černé, ale může být i šedý, hnědý, červený či zelený (Rapp 2009). Existují však i obsidiány s namodralým nebo narůžovělým odstínem, který lze spatřit při pozorování štěpin v průsvitu. Zelený odstín je znám u obsidiánů od jezera Van na jihovýchodě Turecka. Namodralý odstín se vyskytuje u některých pravěkých artefaktů z jihozápadní Moravy. Byly dokonce objeveny i bezbarvé obsidiány zvané macusanity, jež byly popsány z Kolumbie, Ekvádoru a Peru (Přichystal 2009).

Obsidián má skelný, vzácněji stříbřitý lesk a lasturnatý lom. Specifická hmotnost obsidiánů se pohybuje od 2,27 do 2,40 $g.cm^{-3}$. Pórovitost tohoto vulkanického skla bývá spíše nízká, konkrétně 0,1 %, avšak může dosáhnout i 14 %. Index světelného lomu obsidiánu je v rozmezí od 1,480 do 1,493. Tvrdost je cca 5,5. Obsidián je opticky izotropní s malým výskytem zárodků minerálů, jako jsou živce či křemen (Bouška et al. 1987).

Charakteristickým rysem obsidiánu je jeho fluidální textura, která vzniká uspořádáním malých krystalků při tečení skla (Přichystal 2009). Ve sklovité hmotě obsidiánu se mohou nacházet vyrostlice různých minerálů (fenokrysty), sférolity, což jsou zakulacené útvary skládající se z radiálně uspořádaných krystalů minerálu, dále se zde mohou nacházet mikrolity (drobné krystalky minerálů) nebo trichity (mikroskopické krystalky minerálů). Na povrchu některých obsidiánů je možné makroskopicky sledovat skulptaci, která se tvoří chemickým naleptáním fluidálního skla půdními kyselinami. Následně vzniká systém rýžek a jamek. Přichystal (2009) tento typ povrchu srovnává se vzhledem suché švestky.

V pravěku byly obsidiány velmi hojně využívány v Severní Americe, Asii a Evropě (Rapp 2009). Obsidiány používané v Evropě pocházejí z několika významných lokalit a mnohdy byly transportovány na velkou vzdálenost. V pravěké Evropě byly značně využívány obsidiány z některých středomořských ostrovů.

Ostrov Melos patří jednoznačně k nejvýznamnějšímu zdroji obsidiánu ve východní části Středomoří, dalšími významnými zdrojovými oblastmi jsou Kapadocie a jezero Van v Turecku. Ve střední Evropě byly hojně využívány zdroje v Zemplínských vrších na východním Slovensku, dále v Tokajsko – zemplínských vrších na severovýchodě Maďarska a také v Zakarpatské Ukrajině (Přichystal 2009).

3. ZÁJMOVÁ LOKALITA VINIČKY NA SLOVENSKU

Obec Viničky se nachází v JV části Slovenska v okrese Trebišov téměř u maďarských hranic. Zájmová lokalita s přírodním zdrojem obsidiánu se nachází ve vinohradu ležícím v severní části této obce (obr. 1). Jedná se zřejmě o nejbohatší primární zdroj obsidiánu na východním Slovensku.

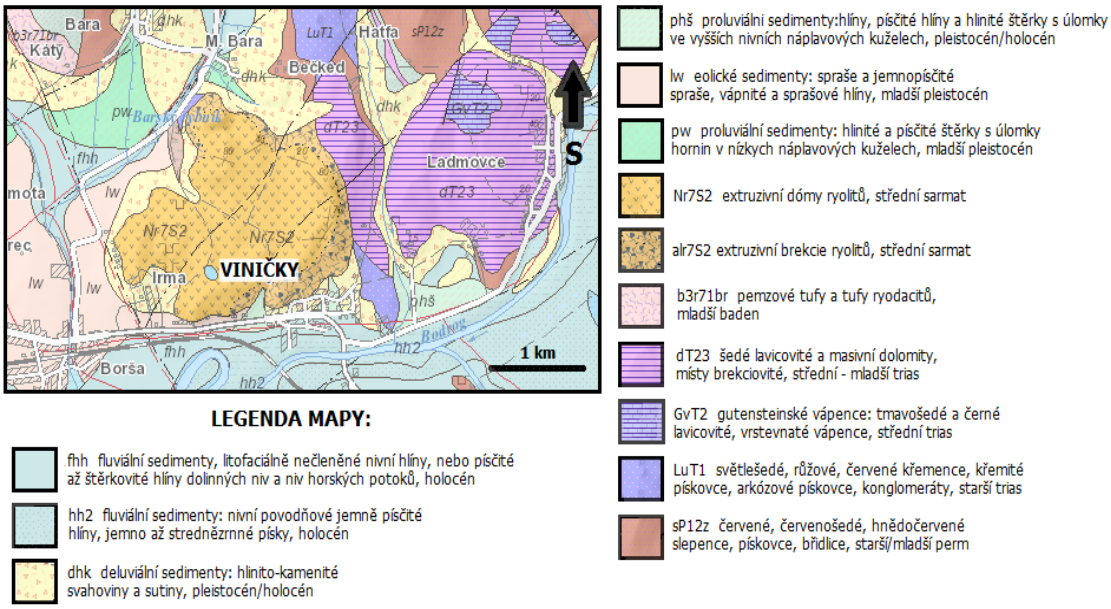
Obr. 1 Pohled ze severní části vinohradu (Sabina Kučerová 2017).

3.1. Geomorfologie zájmové lokality

Z geomorfologického hlediska se obec Viničky řadí k Zemplínským vrchům, konkrétně se nachází v jejich jihovýchodním výběžku. Zemplínské vrchy, v literatuře taktéž často označované jako Zemplínský ostrov, jsou menším horským celkem o velikosti 14 x 6 km, jehož nejvyšším vrcholem je Rozhľadňa (469 m n. m.). Tento geomorfologický celek má středně členitý reliéf, jež ostře vystupuje nad Východoslovenskou nížinou (Baňácký et al. 1989). Na severu a východě jsou Zemplínské vrchy omezeny Východoslovenskou rovinou, na západě pak Východoslovenskou pahorkatinou. Na jižní straně jsou tyto vrchy odděleny úzkou příkopovou propadlinou s názvem Roňavská brána od maďarských Tokajsko – zemplínských vrchů (Přichystal 2009).

3.2. Geologie lokality Viničky

Lokalita Viničky (obr. 2) se z regionálně – geologického hlediska řadí k celku Vnitřní Západní Karpaty, blíže se jedná o zemplínské pásmo neboli zemplinikum, konkrétně o jeho neovulkanity (Baňácký et al. 1989). Jádro zemplinika je tvořeno horninami mladšího paleozoika a mezozoika. Po jeho okrajích se nacházejí neogenní vulkanity a v jeho jihozápadní části jsou uloženy ryolity a pyroklastika ryolitového složení, jejichž stáří je svrchnobadenské až spodnosarmatské. Na tyto horniny jsou vázány obsidiány. Konkrétně obsidiány z Viniček se nejčastěji nacházejí uprostřed větších akumulací perlitů, což je viditelné v nově vyražených chodbách vinných sklepů, jež se nacházejí na západním okraji obce Viničky (Přichystal 2014).



Obr. 2 Výřez z geologické mapy Slovenska, 1:50 000 (www1), upraveno.

Podle Kaminské a Ďudi (1985) se v Zemplínských vrších nacházejí čtyři primární zdroje obsidiánů. Jedná se o zájmovou lokalitu Viničky, dále o Malou Baru, Veľkou Baru a vyvýšeninu západně od Stredy nad Bodrogom. V poslední době byl zastáván názor, že v Zemplínských vrších či v jejich okolí musí existovat ještě jeden primární zdroj obsidiánů, který je buď překrytý holocenními sedimenty, nebo ještě nebyl objeven (Přichystal 2009). V roce 2014 Přichystal a Škrdla uvedli, že zřejmě nejdůležitějším prehistorickým primárním zdrojem obsidiánů nejsou Viničky, nýbrž oblast Velkého vrchu u Brehova a sekundárním zdrojem oblast kolem říčky Ošvy nacházející se zhruba mezi obcemi Brehov, Cejkov a Zemplín. Toto tvrzení předložili

na základě toho, že obsidiány z Viniček se z hlediska jejich charakteru, velikosti a množství neshodují s nalézanými pravěkými artefakty.

3.3. Obsidiány z Viniček

Stáří obsidiánů z Viniček bylo určeno pomocí metody „fission track“ na 11,1 (+- 0,5) milionů let (Repčok 1977). Podle Kaminské a Ďudi (1985) pochází z rozpadlých perlitických těles. Obsidiány jsou rovnoměrně rozšířeny po celé ploše vinice a jejich výskyt je poměrně hojný. Vyskytují se zde společně s perlity. Velikost obsidiánů se pohybuje kolem 1 až 5 cm, vzácně mohou dosahovat 10 až 12 cm (Přichystal 2009). Obsidiány (obr. 3) mají zpravidla polyedrický tvar. Jejich zbarvení je černé a jsou neprůsvitné, pouze na hranách jsou poloprůsvitné. Mají proudovitou neboli fluidální texturu. Povrch obsidiánů je hladký, rovný, převážně bez skulptace a má skelný lesk (Přichystal 2014).

Obr. 3 Vzorky obsidiánů z Viniček (Přichystal – Škrdla 2014).

4. LOKALITA HASAN DAGI V TURECKU

Hasan Dagi (obr. 4) je vyhaslý stratovulkán nacházející se v centrální Anatolii (Kapadocie) v provincii Aksaray v Turecku. Se svojí nadmořskou výškou 3268 m se jedná o druhý největší stratovulkán v centrální Anatolii. Tento vyhaslý stratovulkán se rozkládá na ploše zhruba 760 km^2 a jeho objem činí odhadem asi 354 km^3 (Aydar 1992).

Obr. 4 Pohled na vyhaslý stratovulkán Hasan Dagi (www2).

4.1. Geomorfologie lokality Hasan Dagi

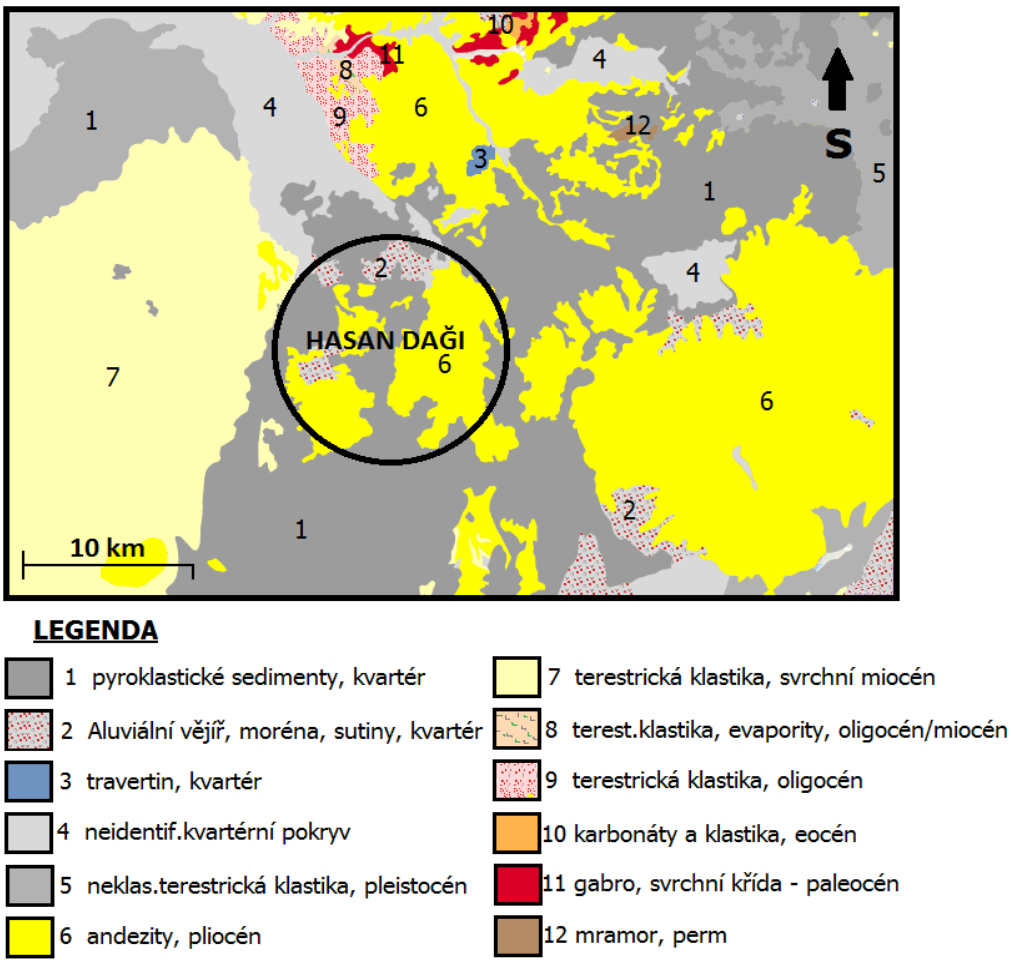
Stratovulkán Hasan Dagi (obr. 5) se skládá ze dvou vrcholů, nazývané jako velký (Bûyûk) Hasan Dagi (3268 m n.m.) a malý (Kûçûk) Hasan Dagi (3069 m n. m.). Představuje západní část vulkanické oblasti, jejíž rozloha je více než 10 000 km^2 (Chaput 1936).

Obr. 5 Pohled shora na Hasan Dagi (www3).

4.2. Geologie lokality Hasan Dagi

Stratovulkán Hasan Dagi (obr. 6) je výsledkem kvartérního vulkanismu v centrální Anatolii (Deniel et al. 1998). Na severu tohoto původního stratovulkánu dominují miocénní až pliocénní ignimbrity a na jihu vápence pánve Konya. Magma, jež pochází z tohoto kalderového komplexu, se pohybuje od bazaltového k ryolitovému složení, avšak taktéž od andezitového k dacitovému složení, jež dominuje (Aydar – Gourgaud 1998).

Podle Aydara a Gourgauda (1998) má tento vyhaslý stratovulkán čtyři evoluční stupně, nacházející se v tomto komplexu. Jedná se o vulkán Keçikalesi (13 milionů let starý), paleovulkán (7 milionů let), mesovulkán (méně než 1 milion let (Deniel et al. 1998) a neovykán (méně než 1 milion let (Deniel et al. 1998). Kecikalesi, erodovaná sopka, se nachází na jihozápadním boku dnešního stratovulkánu Hasan Dagi. Její nadmořská výška činí 1700 m n. m. (Besang et al. 1977).



Obr. 6 Výřez z geologické mapy Turecka, 1:500 000 (www4), upraveno.

Boky této erodované sopky jsou pokryty ignimbrity a pyroklastickými proudy z neovulkanické fáze (Aydar – Gourgaud 1998). Paleovulkán, konkrétně jeho zbytky, lze pozorovat na severozápadním okraji stratovulkánu Hasan Dagi v okolí obce Dikmen. Hlavními produkty kvartérního mesovulkánu jsou lávové dómy, lávové proudy a ignimbrity. Nejmladší stupeň vulkánu Hasan Dagi, neovulkán, se nachází uvnitř kaldery mesovulkánu. Podle současného výzkumu je stáří nejmladší lávy datováno na méně než 6 tisíc let (Aydar – Gourgard 1998).

Hasan Dagi je charakterizován vápenato-alkalickými vulkanity od bazaltů až po ryolity. Intermediární magmatity, jako např. andezity a dacity, jsou taktéž hojně zastoupeny. Tvoří dómy, jež vytváří centrální část stratovulkánu. Tyto dómy jsou spojeny s pyroklastickými proudy, skládajícími se z bloků a popela. Některé dómy mají složení ryolito – dacitové (Pastre et al. 1998).

Obsidiány z Hasan Dagi se nachází v severní části tohoto stratovulkánu, kde je situován výchoz ryolitového dómu, jež obsahuje ve spodní části facii s obsidiány (Cauvin – Balkan-Atli 1996). Obsidiány jsou taktéž součástí hlavních ignimbritických jednotek, které se taktéž nachází na severním svahu tohoto stratovulkánu (Chataigner et al. 1998).

4.3 Obsidiány z Hasan Dagi

Stáří obsidiánů z této lokality je datováno pomocí metody „fission track“ mezi 170 až 390 tisíc let (Bigazzi et al. 1998). Tyto obsidiány vynikají svým vysokým obsahem Ba a v porovnání s jinými tureckými obsidiány mají nejvyšší obsah tohoto prvku (Ercan et al. 1994). Podle Chataignera et al. (1998) prozatím nebyly nalezeny žádné obsidiánové artefakty, jež by svým složením odpovídaly obsidiánům z lokality Hasan Dagi. Obsidiány z této lokality byly v pravěku zřejmě těžko přístupné a navíc mají špatný lasturnatý lom (Carter et al. 2006). Mají hnědofialovou nebo červenočernou barvu (obr. 7).

Obr. 7 Vzorek obsidiánu z Hasan Dagi (Sabina Kučerová 2017).

5. PRIMÁRNÍ ZROJ OBSIDIÁNU V PRAVĚKU VE STŘEDNÍ EVROPĚ

V dnešní době je ve slovenské i mezinárodní odborné literatuře prosazován názor, že Viničky byly hlavním zdrojem obsidiánové suroviny pro výrobu štípaných artefaktů v pravěku ve střední a východní Evropě. S tímto názorem se ztotožňuje Kaminská (2013), ale nesouhlasí Přichystal a Škrdla (2014), kteří uvádějí, že obsidián z Viniček se makroskopicky neshoduje s obsidiánovými paleolitickými artefakty z Kašova a Cejkova (kultura gravettienu (Kaminská 2016)), jimž se doposud přiřazoval původ právě z Viniček. Na rozdíl od obsidiánu z Viniček je povrch paleolitických artefaktů částečně výrazně skulptovaný, jsou dobře až velmi dobře průsvitné, jejich barva je šedá a jejich velikost se velmi liší. Bánesz (1991) popsal z Kašova 13 velkých obsidiánových jader, jejichž největší délka byla 9 až 14 cm. Taktéž z této archeologické lokality pochází mnoho čepelí o délce kolem 5 až 12 cm. Tento fakt dokazuje, že na zdrojové lokalitě musely být přítomny kusy obsidiánů přesahující 10 až 15 cm (Přichystal – Škrdla 2014).

Podle Přichystala a Škrdly (2014) se nejdůležitější prehistorický primární zdroj obsidiánů nevyskytuje ve Viničkách, ale zřejmě v oblasti Veľkého vrchu u Brehova, kde se nachází poloha kyselých vulkanoklastik s vulkanickými skly, což bylo zjištěno pomocí vrtů pod andezitovým tělesem. Sekundárním zdrojem je pak nejspíš území o velikosti 6 km^2 nacházející se zhruba mezi obcemi Brehov, Cejkov a Zemplín. Zde se obsidiány vyskytují v deluviofluviálních až fluviálních sedimentech v okolí říčky Ošvy. Přichystal a Škrdla (2014) se domnívají, že v pravěku zde byly s největší pravděpodobností jednoduše těženy velké obsidiány ze štěrkových čoček.

Kaminská naopak zastává názor, že Viničky skutečně jsou primárním zdrojem. To, že se archeologické artefakty z Kašova a Cejkova velikostně neshodují se surovinou z Viniček, přisuzuje tomu, že v dřívějších dobách musely Zemplínské vrchy vypadat jinak. Konkrétně se domnívá, že byly obsidiány přístupné ve větší hloubce, protože obsidiány o velikosti pravěkých artefaktů lze pozorovat ve stěnách nového vinného sklípku ve Viničkách pár metrů pod povrchem (Kaminská 2013).

6. APLIKACE OBSIDIÁNU V CHIRURGII

Obsidián je známý pro svoji vynikající a výjimečnou ostrost po celém světě. Mnohé studie dokonce ukázaly, že je stonásobně ostřejší než běžný skalpel z chirurgické oceli (Buck 1982).

6.1. Obsidián jako řezný nástroj v minulosti

Obsidiánové čepele (obr. 8) se využívaly jako řezný nástroj již v pravěku, a to i prehistorickými předchůdci dnešních lékařů (Scott – Scott 1982). Ve střední Evropě byly obsidiánové mikročepelky běžné na přelomu mladší a pozdní doby kamenné, v archeologických kulturách tzv. lengyelského okruhu (např. Podborský et al. 1993). Otázkou jejich funkce se však zatím nikdo nezabýval

Obr. 8 Prehistorické obsidiánové čepele (www5), upraveno.

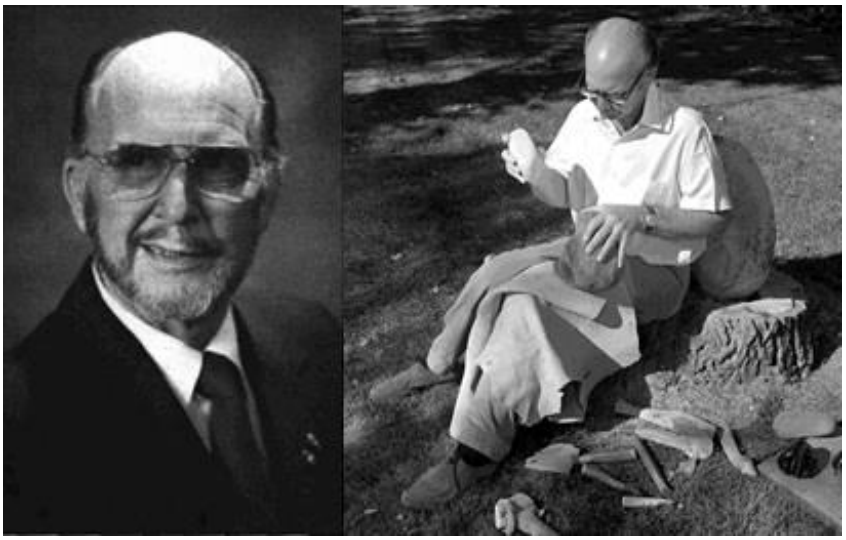
Obsidiánové čepele byly zhotovovány ve Střední Americe před 2,5 tisíci lety. Aztékové (1300 až 1519 n. l.), jež obývali území dnešního Mexika, vlastnili jedinečné obsidiánové zbraně (obr. 9) s názvem macuahuitl (= dřevěný kyj, jehož obvod je posetý ostrými obsidiánovými čepelemi), které používali k boji se Španěly a je velmi pravděpodobné, že obsidiánové nástroje používali i během obětních rituálů (Scott – Scott, 1982).

Obr. 9 Kresba z Florentského kodexu, zachycující aztécké bojovníky, jež drží typickou zbraň s názvem macuahuitl (www6).

Obsidiány byly taktéž využívány ve starověkých primitivních kulturách k trepanaci lebky, která se řadí nepochybně k nejstarším zaznamenaným chirurgickým zákrokům. Věřilo se, že tento zákrok pomůže nemocnému s migrénou, epilepsií apod. Trepanace spočívá v perforaci kosti lebky za účelem léčení či diagnózy. Existuje mnoho typů technik trepanace, podle kterých lze určit, jakým materiálem byl otvor do lebky způsoben (González-Darder 2016).

6.2. Historie obsidiánových skalpelů v moderní chirurgii

V moderní medicíně byly obsidiánové skalpely otestovány a použity řadou lékařů. V 60. letech minulého století se začal mezinárodně uznávaný archeolog a antropolog dr. Don Crabtree (obr. 10 a 11) podrobně zabývat technikou tvorby obsidiánových čepelí a úspěšně znovuobjevil tuto primitivní techniku. Na toto téma napsal mnoho obsáhlých vědeckých článků (McIlrath 1984).



Obr. 10 a 11 Mezinárodně uznávaný archeolog a antropolog Don Crabtree (www7).

Dr. Crabtree přesvědčil svého dlouholetého přítele a chirurga dr. Bruce Bucka k otestování obsidiánových čepelí v sérii chirurgických zákroků. Nejdříve byly zákroky prováděny na zvířatech, konkrétně se jednalo o králíky. Tito králíci byli podrobeni zákrokům jako jsou kožní incize, periferní nervové incize a mikrovaskulární anastomózy. Operační rány se velmi dobře hojily a nevykazovaly žádné komplikace. Taktéž byly provedeny porovnávací testy obsidiánových čepelí s čepelemi z chirurgické oceli, přičemž obsidiánové ostří vykazovalo mnohem lepší vlastnosti, co se týče ostrosti a zanechání jizev. V oblasti hojení byly operační rány způsobené obsidiánovým skalpelem buďto lepší nebo na stejné úrovni hojení jako řez provedený ocelovým skalpelem (Buck 1982). V roce 1975 byl obsidiánový skalpel nakonec použit při operaci srdce dr. Crabtreeho, jež si tento skalpel sám vyrobil. Operace dopadla výborně (Haviland et al. 2010).

Po zdařilých zákrocích u dr. Crabtreeho a na zvířatech byla v 80. letech minulého století provedena řada operací i u dalších lidí. Většinou se jednalo o lékaře, kteří měli o zákrok zájem z vědeckého hlediska. Dr. Bruce Buck také vykonal břišní operaci u jedné pacientky, jež dopadla velmi příznivě. Během této doby se několik dalších lékařů naučilo produkovat obsidiánové čepele podle techniky dr. Crabtreeho. Po zdařilých operacích se dva Crabtreeovi učedníci rozhodli založit dvě oddělené komerční společnosti s názvem Fracture Mechanics Ltd. a Aztechnics Inc., jež se zaměřovaly na výrobu skleněných a obsidiánových skalpelů s plastovou rukojetí. Jeden ze studentů dr. Crabtreeho protlačil obsidiánové skalpely k dermatologům ve Washingtonu, k Michaelovi J. Scottovi, MD, a jeho synovi Michaelovi J. Scottovi

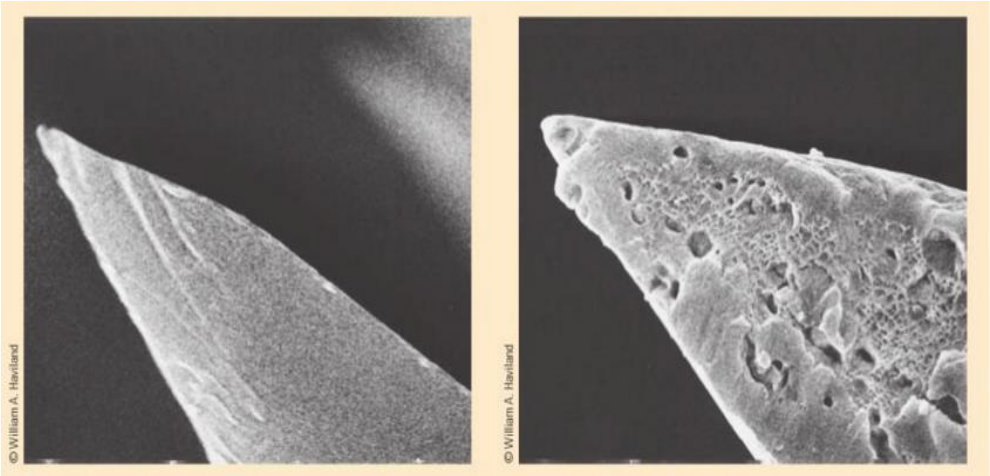
Jr., DO. V roce 1980 byly obsidiánové skalpely úspěšně použity u očních operací dr. Firmonem Hardenberghem a v roce 1986 archeolog David Pokotylo podstoupil operaci svojí ruky s obsidiánovými čepelemi, které si sám vyrobil. V dnešní době jsou obsidiánové skalpely stále využívány některými soukromými lékaři. Jedním z nich je i dr. Lee Green, který používá obsidiánové skalpely k vyřezávání mateřských znamének a k nápravě roztržených ušních lalůčků (www8).

7. VLASTNOSTI OBSIDIÁNOVÝCH ČEPELÍ

Obsidiánové čepele mají několik výjimečných vlastností, díky kterým byly oceňovanými nástroji již v dávných dobách. Jejich dokonalá štípatelnost a především ostrost z nich udělala výjimečné nástroje, které ani v dnešní době nemají obdoby. Další vlastnosti, jež určují kvalitu štípatelných materiálů, jsou šířka ostří, relativní množství nehomogenit (čím méně krystalických fází či jiných nehomogenit, tím méně je narušena pravidelnost lomu (Brantingham - Olsen 2000)), křehkost a lomová houževnatost.

7.1. Výhody obsidiánových čepelí a jejich porovnání s chirurgickou ocelí

Je všeobecně známo, že obsidiánové čepele jsou mnohonásobně ostřejší než čepele z chirurgické oceli. Některé zdroje uvádí, že jsou ostřejší více než 500x (McIlrath 1984), jiné 210x až 1050x (Haviland et al. 2010). V porovnání s klasickou žiletkou jsou obsidiánové čepele ostřejší 100x až 500x a oproti diamantovým čepelím jsou ostřejší 3x (Haviland et al. 2010). Další výhodou obsidiánových čepelí je, že mohou být produkovány v různých tvarech i velikostech – od jedné stopy (= 30,48 cm) po pár mikrometrů (Scott – Scott 1982).



Obr. 12 Vlevo obsidiánová čepel, vpravo čepel z chirurgické oceli (Haviland et al. 2010), upraveno.

Oproti čepelím z chirurgické oceli mají obsidiány pravidelnější ostří. Na mikrofotografii (obr. 8) lze vidět, že obsidiánové ostří je naprosto pravidelné a rovné, kdežto ocelové ostří je velmi nepravidelné a nerovné, což při průniku do tkáně

způsobuje daleko větší trauma (Scott – Scott 1982). Mikroskopicky bylo doloženo, že řez do tkáně způsobený ocelovým skalpelem způsobuje doslova její roztrhání a nerovná čepel z chirurgické oceli je poseta zbytky tkáně (Haviland et al. 2010). Vzhledem k dokonale pravidelnému ostří obsidiánových čepelí nezanechávají téměř žádné jizvy a dopomáhají k lepšímu a rychlejšímu hojení řezných ran a taktéž způsobují menší pooperační bolest v okolí řezné rány. I přes křehkost obsidiánových čepelí mohou být opakovaně sterilizovány v autoklávech (McIlrath 1984).

7.2. Diamantové skalpely

Obsidiánové skalpely jsou sice dražší než skalpely z chirurgické oceli, avšak jsou o mnoho levnější než skalpely diamantové. Tento poznatek je důležité zmínit především proto, že v dnešní době přibývá pacientů, jež jsou alergičtí na chirurgickou ocel a musí se tedy u jejich operace používat drahé diamantové skalpely. Navíc není možné vyrobit dimantové ostří delší než 3 mm (Haviland et al. 2010). U některých operací by použití obsidiánových skalpelů bylo tedy výhodnější i z ekonomického hlediska.

7.3. Možné využití obsidiánových skalpelů v moderní chirurgii

Podle Bucka (1982) by mohly být skalpely s obsidiánovou čepelí vhodné pro obličejovou plastickou chirurgii vzhledem k minimálním jizvám, pro neurochirurgii, kde může pravidelný řez zlepšit kvalitu hojení, mikrochirurgii a také pro oční chirurgii. V roce 1984 Firmon Hardenbergh, MD, oční chirurg, zhodnotil obsidiánové skalpely jako velmi výhodné nástroje k využití v oční chirurgii. Podle jeho zkušeností dokáží ostré obsidiánové čepele lépe proniknout do očního bulbu, což podporuje hojení operační rány. Podle některých pacientů byla bolest po operaci daleko menší při použití obsidiánových skalpelů. Doložil také, že díky ostrosti obsidiánového nástroje je snížen pohyb očního bulbu a je také snížen tlak v oku, jež se hromadí během operace (McIlrath 1984). Výše zmíněné zákroky spolu s biopsií prsu a bilaterální vazektomií jsou některými lékaři prováděny obsidiánovými skalpely i v dnešní době (Thomas – Kelly 2006).

Buck (1982) se obává, že by mohly být výhody převáženy nevýhodami. Mezi nevýhody obsidiánových čepelí se řadí křehkost, s čímž souvisí teoretická možnost zanechání úlomku obsidiánového skla ve tkáni, a nejednotnost čepelí.

8. METODIKA

Po získání vzorků obsidiánu ze zájmové lokality z nich byly vytvořeny experimentální čepele konzultantem Mgr. Petrem Nerudou, Ph.D. metodou štípání za pomoci měkkých otloukačů (pomocí dřeva a parohu) (např. Inizan et al. 1999). Ze zhotovených experimentálních čepelí byly vybrány dvě nejlepší, u kterých byla změřena šířka ostří na laserovém konfokálním mikroskopu značky Olympus (typ LEXT OLS3100). Poté byly zhotoveny mikrosnímky obou ostří. Totéž bylo provedeno u ostří skalpelu z chirurgické oceli pro porovnání. Mezitím bylo zhotoveno šest petrografických nábrusů, tři ze slovenského a tři z tureckého obsidiánu. Tyto nábrusy byly podrobeny Martensově zkoušce mikrotvrdosti (HMa) pomocí mikroindentoru značky Zwick/Roell (typ Z2.5/HU0.2). Dále byly vyrobeny dva leštěné výbrusy z obou zájmových lokalit. Výbrusy byly pozorovány pod polarizačním mikroskopem, přičemž byl planimetricky (pomocí planimetrického integrátoru) stanoven obsah skelné a krystalické fáze a případných nehomogenit (trhliny, voidy, …), tj. faktorů negativně ovlivňujících homogenitu materiálu (např. Brantingham – Olsen 2000) Poté byl vypočten poměr sklovité fáze vůči minerálním fázím a poměr sklovité fáze vůči minerálním fázím a trhlinám. Krystalické fáze, vyskytující se v obou typech obsidiánů, byly zdokumentovány v režimu PPL i XPL. Dva nábrusy se slovenským a tureckým obsidiánem byly napařeny uhlíkem a posléze analyzovány pomocí spektrálního elektronového mikroskopu s energiově disperzní spektrometrií (SEM-EDX) značky JEOL. Byly tak mj. identifikovány krystalické fáze vyskytující se v obou typech obsidiánů. Přítomné živce byly blíže specifikovány podle obsahu K, Na a Ca a vyneseny do ternárního diagramu. Původním záměrem bylo při měření mikrotvrdosti změřit i lomovou houževnatost jako další kritérium kvality materiálu (např. Domański et al. 2009). Použitá metoda, kdy je sledována délka trhlinek vedoucích od rohů indexačních vtisků, však nebyla vhodná. Indentor totiž zakřivil i plochu mimo vlastní vtisk a nebylo možné přesně určit, kde zmíněné trhlinky přesně začínají.

9. VÝSLEDKY VÝZKUMU

9.1. Terénní výzkum

Vzorky obsidiánů ze zdrojové lokality Viničky z jihovýchodního Slovenska byly nasbírány v září roku 2017. Zájmovou lokalitu bylo možno navštívit po dohodě s místním hlídačem objektu, jelikož lokalita s obsidiány se nachází uvnitř soukromého vinohradu. Proběhl povrchový sběr vzorků obsidiánu polyedrického tvaru o velikosti 1 – 5 cm v severní části vinice. Vzhledem k tomu, že obsidiány se hojně vyskytují po celé ploše vinohradu, nebyl s jejich získáním problém. Z makroskopického hlediska mají obsidiány z Viniček černou barvu, skelný lesk a ukázkový lasturnatý lom. Jsou kompaktní, chybí u nich povrchová skulptace a jejich velikost se pohybuje od 1 cm do 5 cm.

Vzorky tureckého obsidiánu byly využity z vlastního sběru vedoucího práce. Tyto obsidiány byly získány na severním svahu vulkánu v cca 1488 m n. m. na souřadnicích 38°10´38´´N a 34°11´11´´E v roce 2014. Jednalo se o cca 10 m hluboký zářez pro těžbu štěrku, obsidiány ovšem ležely i volně na svahu. V zářezu byly obsidiány uložené v rámci pyroklastik i svahových sedimentů v několika vrstvách napříč vzniklým profilem, vznikaly tedy opakovaně a nejednalo se o jeden event. Makroskopicky mají získané vzorky červenofialovou, červenohnědou a černočervenou barvu, sklený lesk a velmi špatný lasturnatý lom. Jsou kompaktní a jejich velikost činí 10 až 15 cm. Jejich povrch je bez skulptace.

9.2. Analýza a mikroskopický popis minerálů

a) Obsidián z Viniček

Polarizační mikroskop:

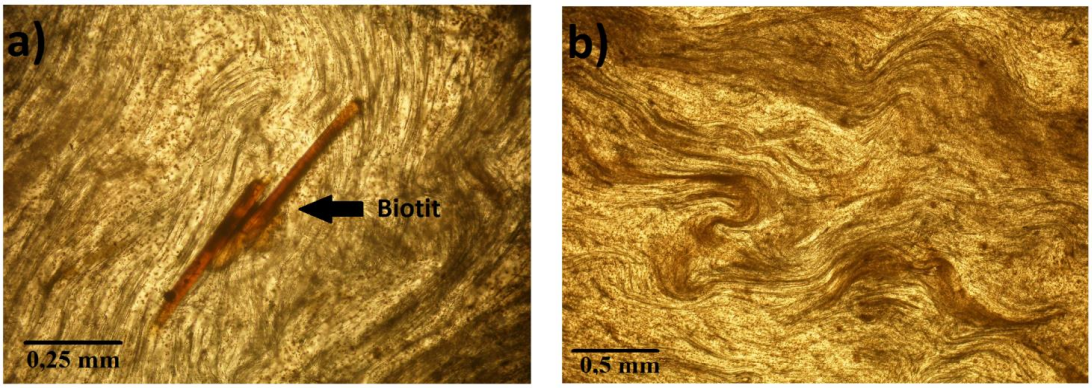
Pod polarizačním mikroskopem má tento obsidián výraznou fluidální neboli proudovitou texturu (obr. 13b). Sklo je poměrně homogenní s občasným výskytem vyrostlic. Hojně se zde nachází trichity jehlicovitého i hvězdicovitého tvaru a mikrolity. Některá zrna jsou obtékána sklovitou hmotou. Ve výbrusu byl zpozorován pouze plagioklas a biotit.

Plagioklas:

V režimu PPL je plagioklas bezbarvý a bez pleochroismu s hladkým povrchem. Zrna plagioklasu mají nepravidelný a izometrický tvar a jejich omezení je xenomorfní. Průměrná velikost zrn je 500 µm. Štěpnost není zřetelná. V režimu XPL má plagioklas bílou interferenční barvu I. řádu. Nebylo pozorováno dvojčatění, přeměny, růstová zonálnost ani myrmekity.

Biotit:

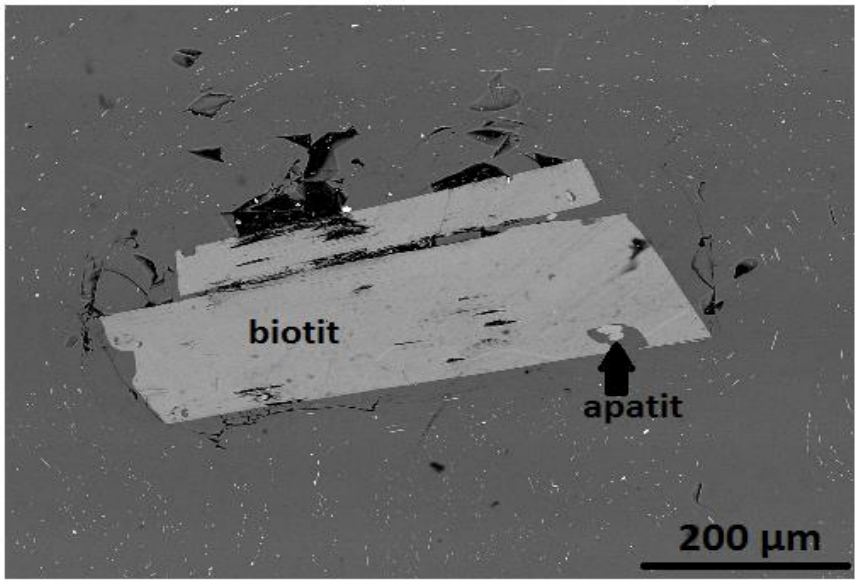
V režimu PPL (obr. 13a) vykazuje biotit žluto-červenohnědou barvu a středně silný pleochroismus od světle žlutohnědé po tmavý odstín této barvy. Povrch biotitu je drsný. Zrna jsou tabulkovitá s lištovitými průřezy nebo mají nepravidelný tvar. Omezení zrn je automorfní až hypautomorfní a xenomorfní. Průměrná velikost je 300 µm. U některých zrn byla pozorována dokonalá štěpnost podle {001}, u některých průřezů nebyla štěpnost patrná. V XPL jsou interferenční barvy překryty vlastní barvou minerálu. Nebyly pozorovány žádné přeměny.



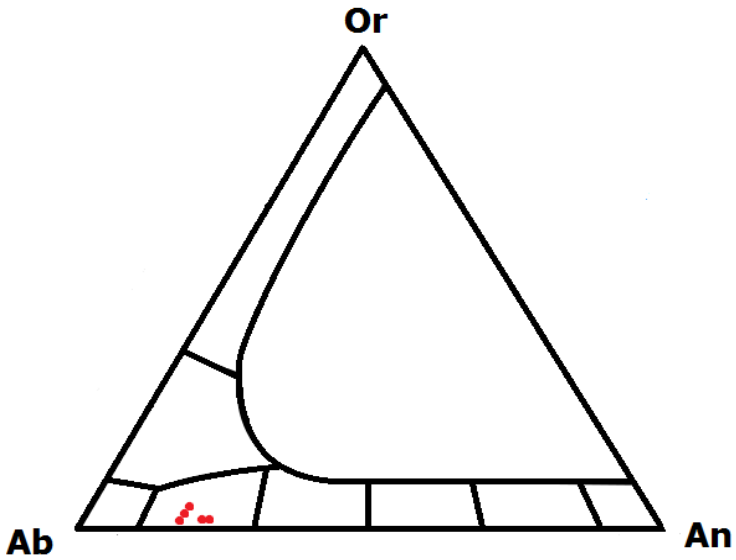
Obr. 13 a) Biotit v PPL, b) fluidální textura.

Spektrální elektronový mikroskop (SEM EDX):

Na mikrosondě bylo zanalyzováno celkem 10 minerálů. Z výsledků analýzy pomocí spektrálního elektronového mikroskopu bylo zjištěno, že v obsidiánu z Viniček se kromě minerálních fází zjištěných v polarizačním mikroskopu nachází také ilmenit a apatit (obr. 14). Bylo zanalyzováno 5 zrn plagioklasu, jejichž bazicita odpovídá oligoklasu (An_{19-25}) (obr. 15). Slída svým složením odpovídá biotitu, většina analyzovaných zrn je bohatá na Ti.



Obr. 14 Hypautomorfní zrna biotitu s apatitem, foto z mikrosondy



Obr. 15 Ternární diagram Ab-An-Or s živci z Viniček

b) Obsidián z Hasan Dagi

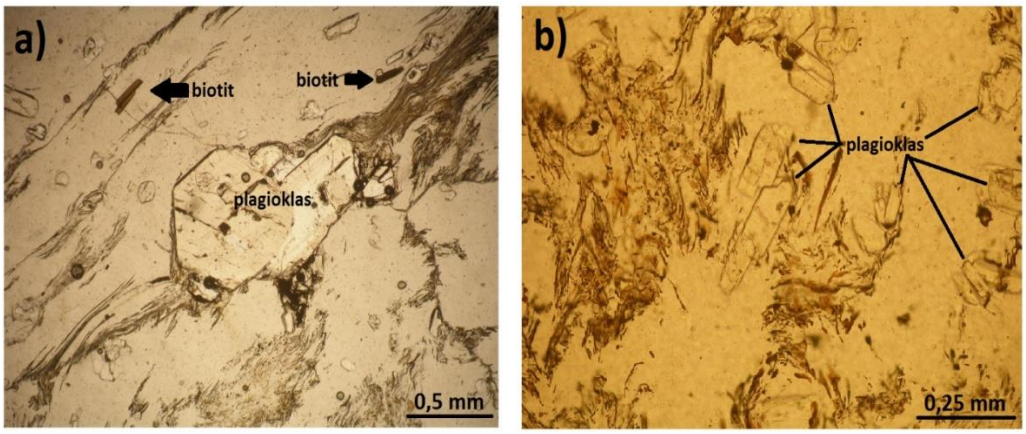
Polarizační mikroskop:

Pod polarizačním mikroskopem má obsidián z Hasan Dagi viditelnou fluidální texturu. Sklovitá hmota je místy zabarvena do oranžova. Sklo je značně nehomogenní s vysokým množstvím minerálních fází. Největší zastoupení má zde plagioklas. Dále

zde byl zpozorován biotit a opakní minerály. Některá zrna jsou obtékána okolní sklovitou fází.

Plagioklas:

V režimu PPL je plagioklas bezbarvý a bez pleochroismu a jeho povrch je hladký. Tvoří lišty, izometrická i nepravidelná zrna (obr. 16a a 16b). Omezení zrn je automorfní, hypautomorfní a xenomorfní. Velikost zrn se průměrně pohybuje kolem 200 µm. Štěpnost je dokonalá podle {001}, u některých zrn nebyla štěpnost pozorována. V XPL má plagioklas šedobílou a žlutou interferenční barvu I. řádu. Většina zrn vykazuje polysyntetické dvojčatění, přičemž jsou lamely tenké a široké. Nebyly pozorovány žádné přeměny, růstová zonálnost ani myrmekity.



Obr. 16 a) Zrna biotitů a plagioklasů v režimu PPL, b) Zrna plagioklasů v režimu PPL.

Biotit:

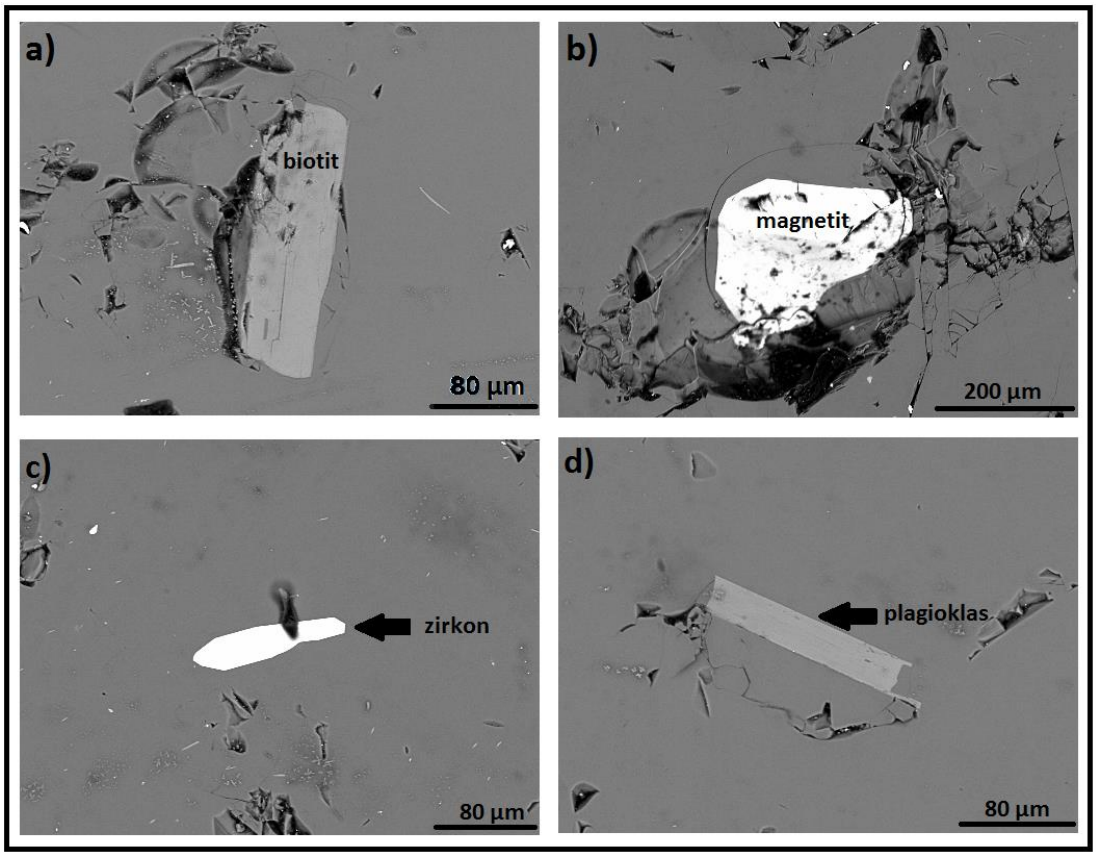
V PPL vykazuje biotit žlutohnědou a červenohnědou barvu. Pleochroismus je středně silný od světle žlutohnědé a světlě červenohnědé po tmavě hnědou. Povrch zrn je drsný. Biotit tvoří tabulky s lištovitými průřezy (obr. 16a) i nepravidelná zrna. Omezení je automorfní, hypautomorfní a xenomorfní. Velikost zrn se v průměru pohybuje kolem 250 µm. U některých zrn byla pozorována dokonalá štěpnost podle {001}, u ostatních zrn byla štěpnost nezřetelná. V režimu XPL jsou interferenční barvy překryty vlastní barvou minerálu. U biotitu nebyly zpozorovány žádné přeměny.

Opakní minerály:

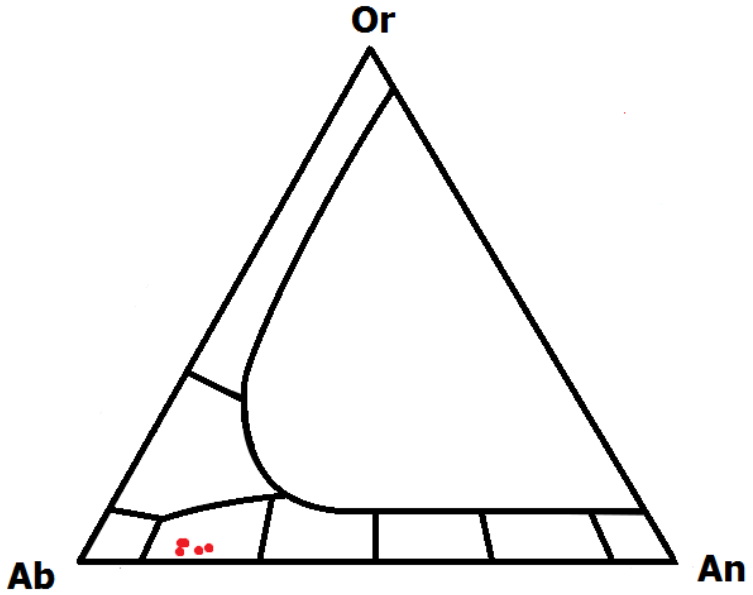
V PPL i XPL mají opakní minerály černou barvu. Mají čtverečkový tvar a jejich omezení je automorfní. Velikost zrn je v průměru 30 µm. Podle analýzy na spektrálním elektronovém mikroskopu se jedná o magnetit.

Spektrální elektronový mikroskop (SEM EDX):

Pomocí spektrálního elektronového mikroskopu bylo zanalyzováno celkem 11 minerálů. Byl zde potvrzen výskyt plagioklasu (obr. 17d), slídy (obr. 17a), zirkonu (obr. 17c) a magnetitu (obr. 17b), který svým tvarem a omezením odpovídá popsaným opakním minerálům ve výbrusu. Bazicita všech šesti analyzovaných zrn plagioklasu odpovídala vždy oligoklasu ($An_{16 - 22}$) (obr. 18). Analyzované slídy spadají podle hodnoty relativní hořečnatosti pod biotit.



Obr. 17 a) Hypautomorfní biotit, b) hypautomorfní magnetit, c) hypautomorfní zirkon, d) hypautomorfní plagioklas, foto z mikrosondy.

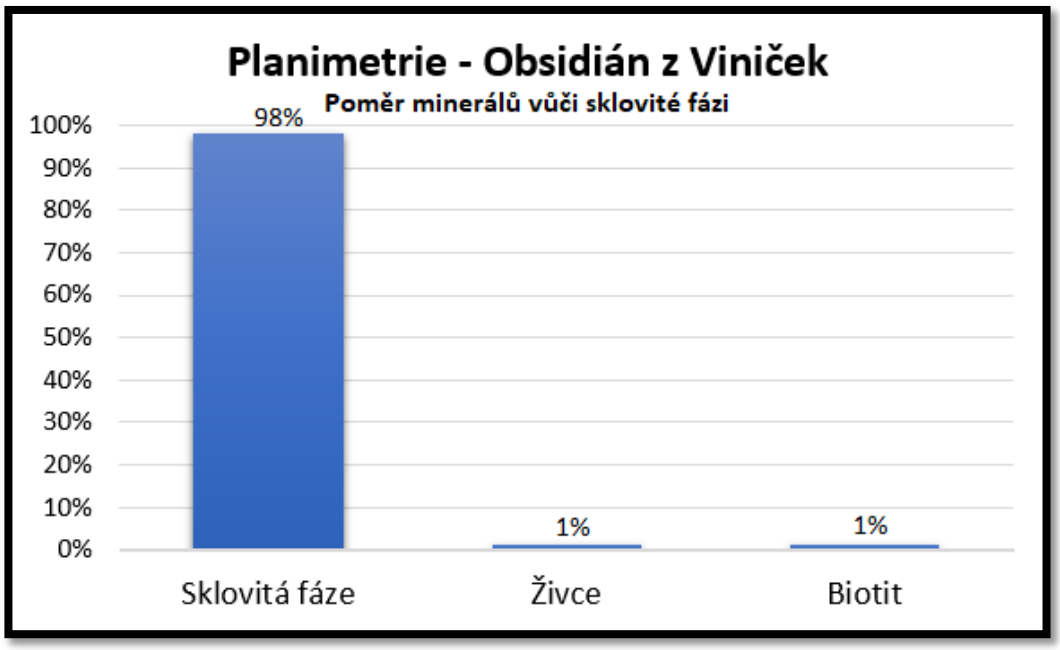


Obr. 18 Ternární diagram Ab-An-Or s vynesenými živci z Hasan Dagi.

9.3. Planimetrická analýza

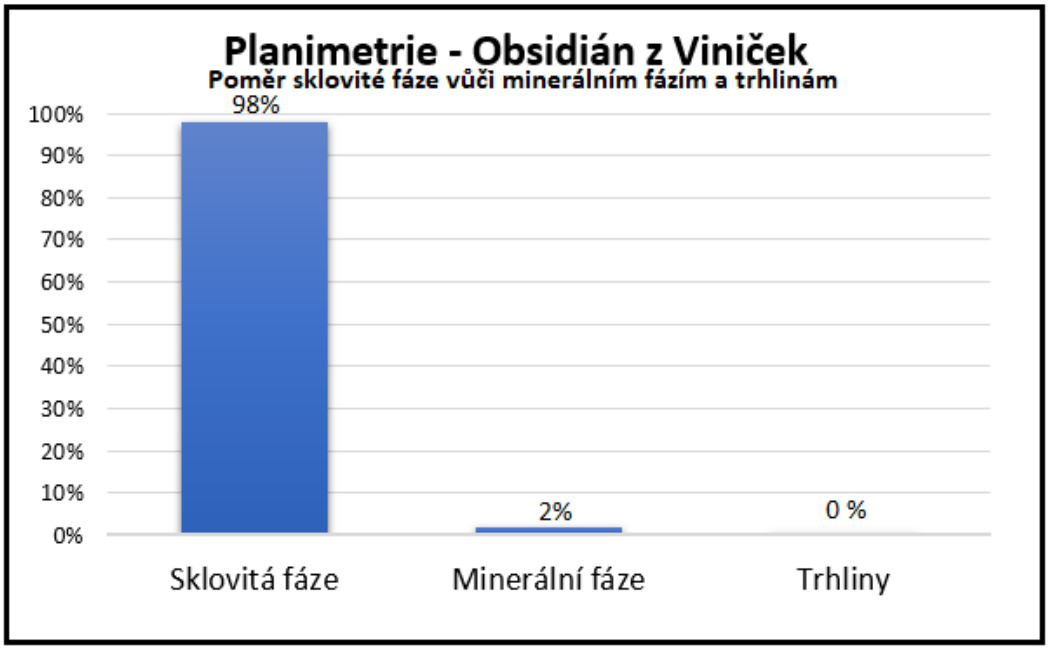
a) Obsidián z Viniček

Ve výbrusu z Viniček bylo v poměru sklovité fáze vůči minerálním fázím zjištěno 98 % sklovité fáze, 1 % biotitu a 1 % živců (graf č. 1).



Graf 1 Planimetrická analýza slovenského obsidiánu – poměr minerálů vůči sklovité fázi.

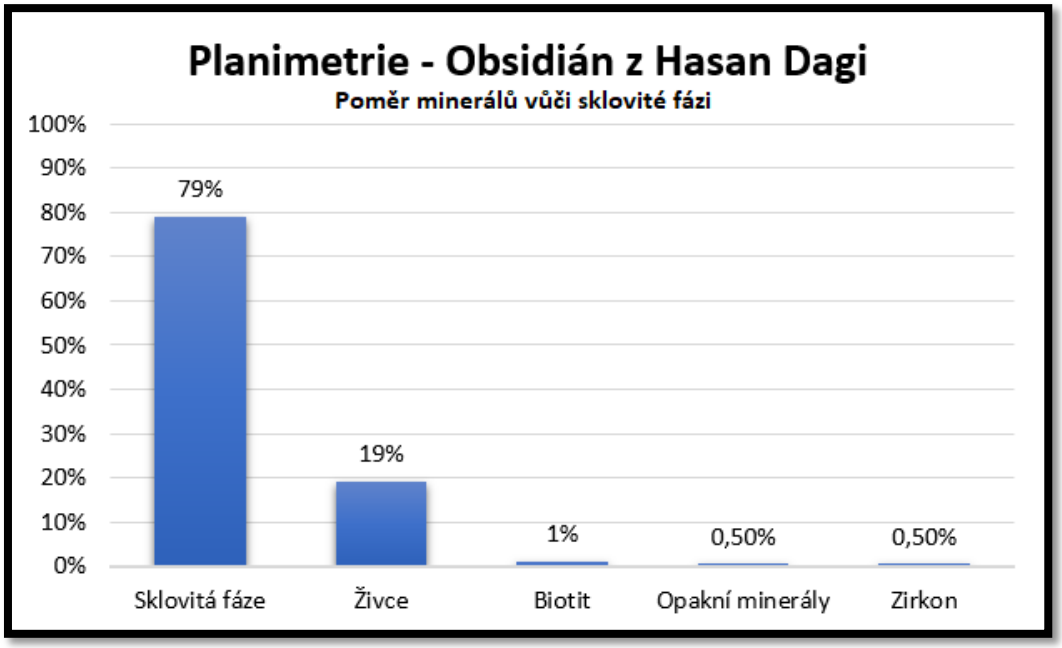
V poměru sklovité fáze vůči minerálním fázím a trhlinám činila sklovitá fáze 98 % a minerální fáze 2 %. Trhliny zde nebyly pozorovány, tudíž jejich procentuální zastoupení je nulové (graf č. 2).



Graf 2 Planimetrická analýza slovenského obsidiánu – poměr sklovité fáze vůči minerálním fázím a trhlinám.

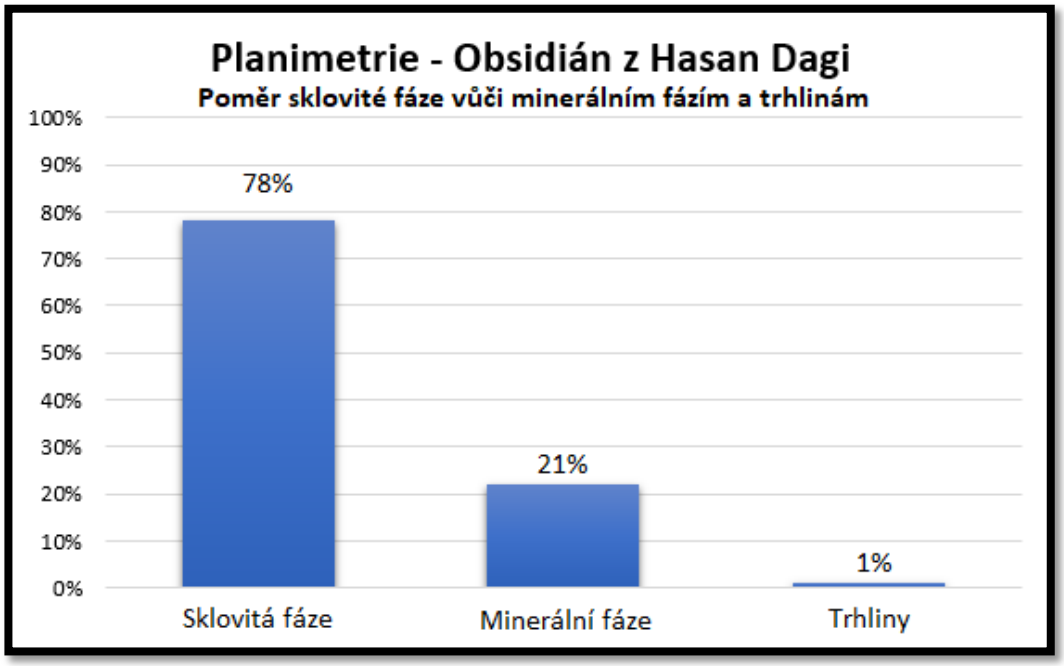
b) Obsidián z Hasan Dagi

Ve výbrusu obsidiánu z Hasan Dagi bylo v poměru sklovité fáze vůči minerálním fázím naměřeno 79 % sklovité fáze, 19 % živců, 1 % biotitu, 0,5 % zirkonu a 0,5 % opakních minerálů (graf č. 3).



Graf 3 Výsledky planimetrické analýzy tureckého obsidiánu – poměr minerálů vůči sklovité fázi.

V poměru sklovité fáze vůči minerálním fázím a vůči trhlinám se v tomto vzorku nacházelo 78 % sklovité fáze, 21 % minerálních fází a 1 % trhlin (graf č. 4).

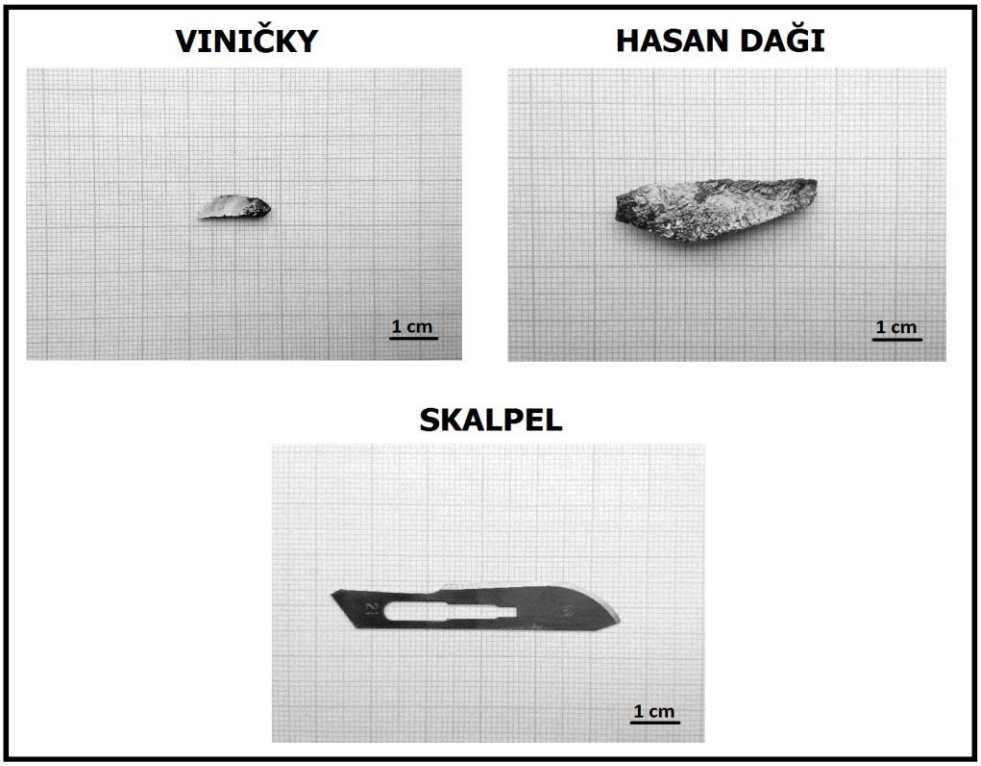


Graf 4 Výsledky planimetrické analýzy tureckého obsidiánu – poměr sklovité fáze vůči minerálním fázím a trhlinám.

Z výsledků planimetrie je patrné, že obsidián z Viniček je téměř homogenní, oproti tomu obsidián z Hasan Dagi je relativně nehomogení. Vzhledem k většímu zastoupení minerálů ve sklovité hmotě se obsidián z Hasan Dagi jeví jako nevhodný pro výrobu chirurgických skalpelů.

9.4. Kvalita a šířka ostří experimentálních čepelí

Čepelka vyrobená z obsidiánu z Viniček měří na délku 1,6 cm. Čepel z tureckého obsidiánu měří na délku 3,2. Délka ocelového skalpelu činí 5,5 cm (obr. 19). U tureckého obsidiánu je nutné dodat, že při výrobě experimentálních čepelí technikou štípání za pomoci měkkých otloukačů (např. Inizan et al. 1999) se obsidián tříštil, až rozpadal, na mnoho menších částí. Tato vlastnost je zřejmě způsobená vysokým obsahem krystalických fází ve sklovité hmotě.

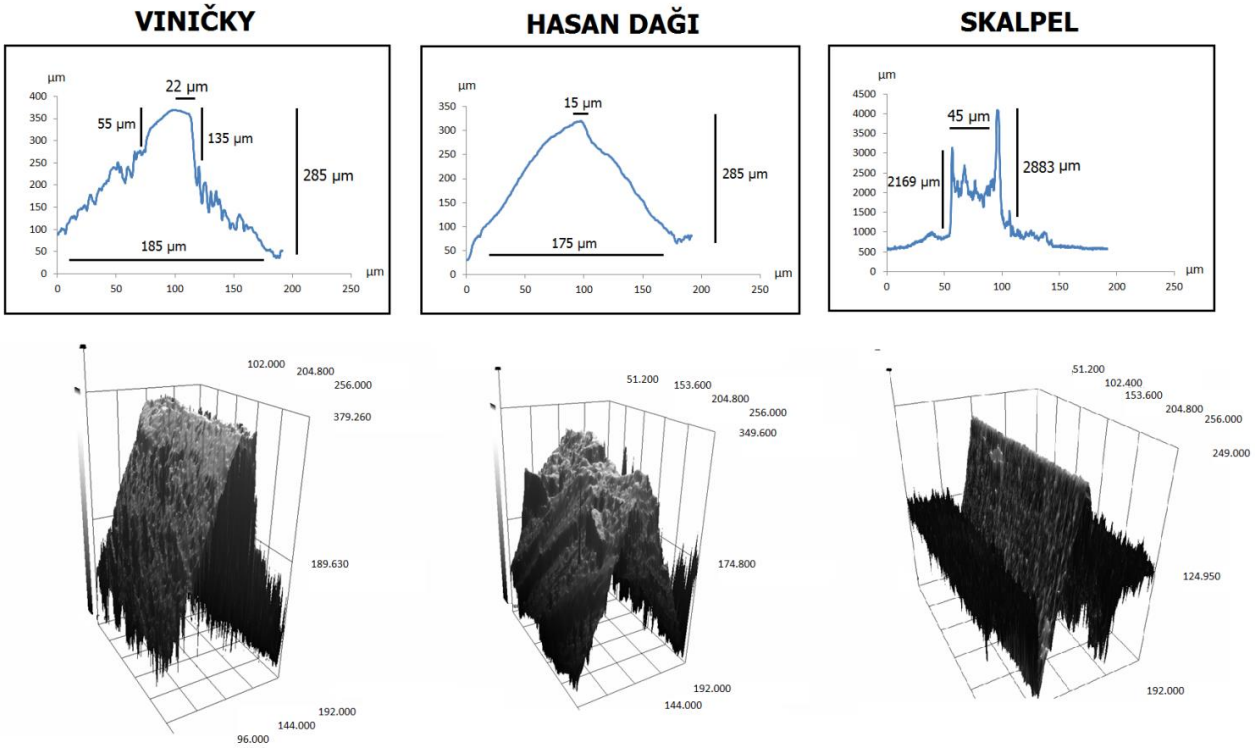


Obr. 19 Makrosnímky experimentálních čepelí ze slovenského (nahoře vlevo) a tureckého (nahoře vpravo) obsidiánu. K porovnání byla použita ocelová čepel (dole).

Pomocí konfokálního mikroskopu byl proveden řez přes ostří obou experimentálních čepelí z obsidiánu a také ocelového skalpelu (obr. 20). Šířka ostří u slovenského obsidiánu činí 22 µm. Ostří s touto šířkou je však velmi krátké (55 až 135 µm). Poté se nerovnoměrně rozšiřuje a jeho konečná šířka je 185 µm. U ostří

z tureckého obsidiánu nastává podobná situace. Ostří se od vrchu čepele rozšiřuje. Na rozdíl od ostří ze slovenského obsidiánu je však rozšiřování víceméně rovnoměrné. Šířka ostří je 15 µm a je taktéž krátké – pouze 75 µm. Konečná šířka čepele činí 175 µm a její výška je 285 µm. Ocelový skalpel je široký 45 µm po celé svojí délce, která činí na jednom boku ostří 2169 µm a na druhém boku 2883 µm.

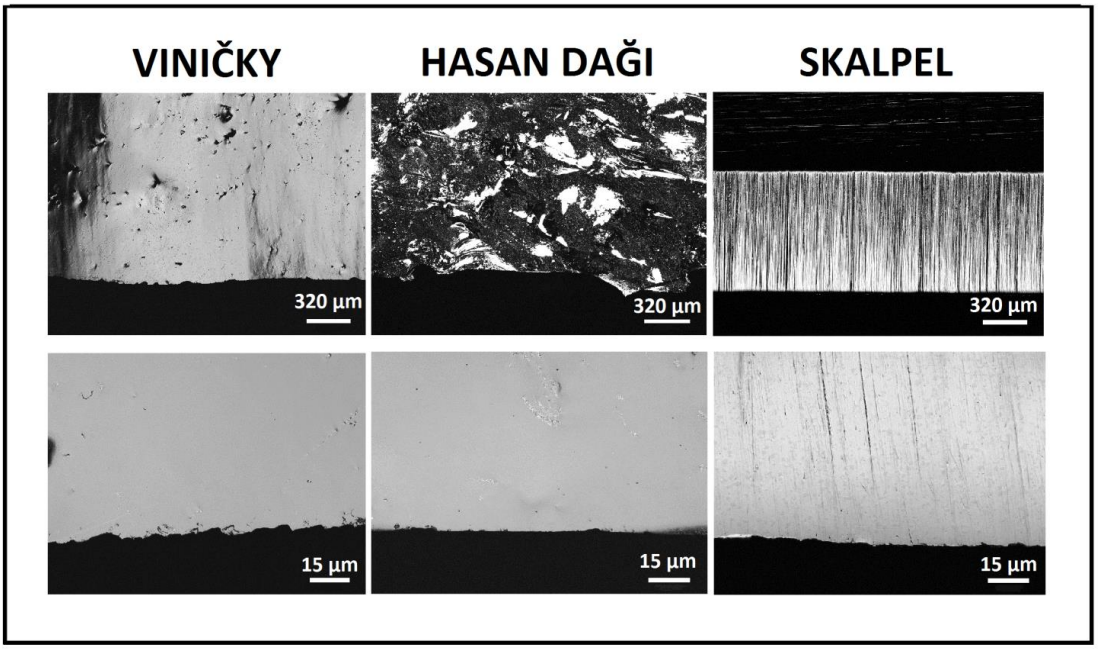
Na obrázku (obr. 20) jsou taktéž vyobrazeny 3D modely ostří jednotlivých čepelí. Ostří čepele ze slovenského obsidiánu se z tohoto modelu jeví spíše nerovně a jeho boční strana je taktéž spíše nerovný. Ostří čepele z tureckého obsidiánu je naprosto nepravidelné až hrbolaté a viditelná boční strana také. Oproti tomu ostří čepele z oceli je celkově pravidelné a jeho boční strana vykazuje rovný povrch.



Obr. 20 Příčný řez přes ostří čepelí a jejich 3D modely (zvětšeno 50x, velikost 3D modelů uvedena v µm).

Z mikrosnímků čepelí (obr. 21) je při zvětšení 2400x patrné, že nejpravidelnější ostří má z bočního pohledu obsidián z Hasan Dagi. Po něm následuje ostří ocelového skalpelu. Naopak čepel ze slovenského obsidiánu je zřetelně nepravidelná. Povrch bočních částí čepelí z obou obsidiánů je výrazně hladký na rozdíl od povrchu ocelové čepele, která vykazuje znatelné rýhování.

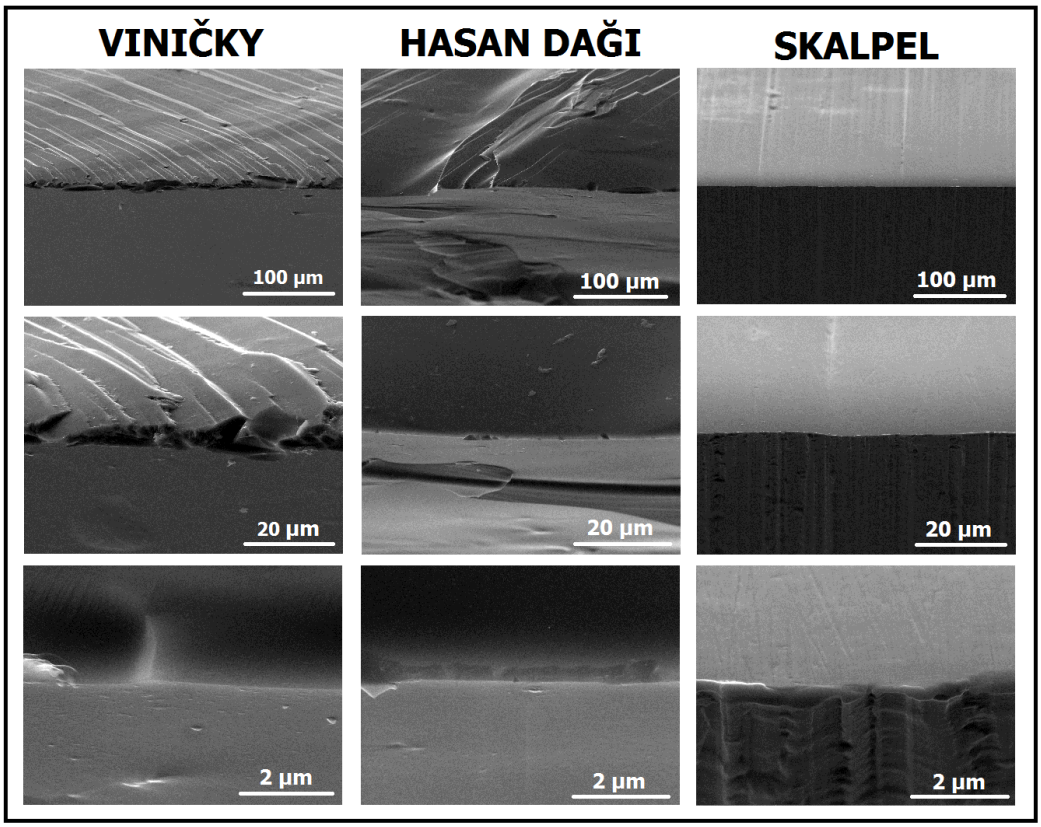
Ačkoliv je ostří čepele z tureckého obsidiánu při větším zvětšení takřka pravidelné, při zvětšení 120x je jasně zřetelná nepravidelnost samotné čepelky. V tomto směru je čepel ze slovenského obsidiánu pravidelnější.



Obr. 21 Mikrosnímky experimentálních čepelí – boční pohled na ostří. Horní řada – zvětšeno 120x, spodní řada – zvětšeno 2400x.

Při přímém pohledu na ostří čepelí (obr. 22) z obsidiánů a ocelového skalpelu při zvětšení 500x a 2500x je viditelná nepravidelnost u slovenského obsidiánu. Boční plocha čepele tohoto obsidiánu má nepravidelný „kaskádovitý“ či schodovitý charakter. Tato nepravidelnost postihuje i samotné ostří. Ostří tureckého obsidiánu se jeví pravidelně (obr. 22 uprostřed), boky ostří jsou však nepravidelné (obr. 22 nahoře). Ostří ocelového skalpelu je na těchto snímcích vcelku pravidelné. Boční strany ocelové čepele jsou rýhované, drsnější než u obou obsidiánů (obr. 21, zvětšení 20000x), a potenciálně méně ostré.

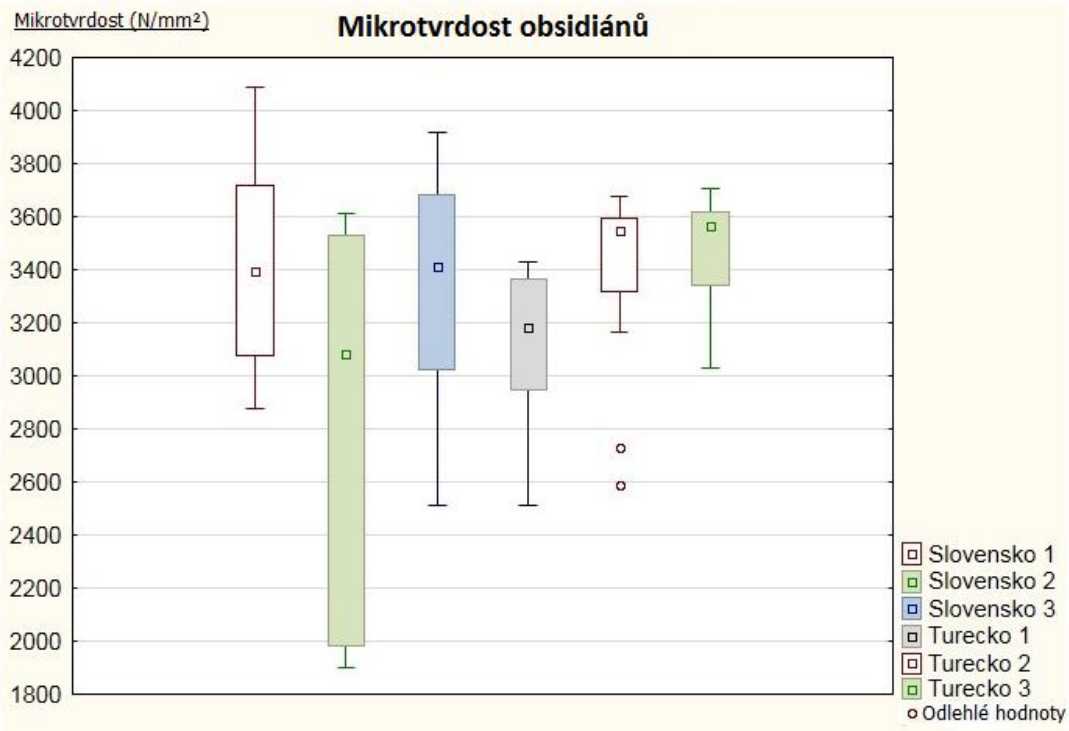
.



Obr. 22 Mikrosnímky ostří experimentálních čepelí a ocelového skalpelů – přímý pohled. Horní řada – zvětšeno 500x, prostřední řada – zvětšeno 2500x a dolní řada – zvětšeno 20 000x. Foto z konfokálního mikroskopu.

9.5. Mikrotvrdost

Hodnoty mikrotvrdosti podle Martensovi zkoušky se pohybují od 1899 do 4088 N/mm^2 u slovenského a od 2512 do 3704 N/mm^2 u tureckého obsidiánu. Střední hodnota (medián) u slovenského obsidiánu činí 3397,5 N/mm^2 a u tureckého 3385 N/mm^2. Podle těchto výsledků je slovenský obsidián tedy tvrdší než turecký. Rozdíl mezi oběma hodnotami je 12,5 N/mm$^{2.}$ Z grafu (graf 5) je patrné, že vzorky z Viniček mají větší směrodatnou odchylku. Oproti tomu vzorky z Hasan Dagi jsou víceméně vyrovnané. Tento výsledek je poměrně zvláštní s ohledem na homogenitu (viz 9.3) slovenského a nehomogenitu tureckého obsidiánu.



Graf 5 Výsledky mikrotvrdosti.

10. DISKUZE

Výsledky bakalářské práce přinesly současně předvídatelné i překvapující informace. Z výsledků šířky ostří čepelí se ukázalo, že nejostřejší je čepel z tureckého obsidiánu, po ní následuje čepel ze slovenského obsidiánu, a nakonec čepel z oceli. Čepele z obou dvou obsidiánů se však velmi rozšiřují na rozdíl od ocelové čepele, která je rovnoměrná po celé svojí délce.

Jelikož je obsidián z Viniček již z makroskopického hlediska vcelku homogenní oproti tureckému, předpokládalo se, že ostří experimentální čepelky ze slovenského obsidiánu bude pravidelnější. Podle pořízených mikrofotografií je však patrné, že pravidelnější ostří má kupodivu čepel z obsidiánu z Hasan Dagi (zvětšení 2400x). Při stejném zvětšení má čepel ze slovenského obsidiánu schodovitý charakter. Problém může být ve zvolené technice při zhotovování experimentálních čepelí. Čepele byly vyrobeny štípáním za pomoci měkkých otloukačů (např. Inizan et al. 1999). Je možné, že kdyby byla použita metoda štípání tlakem, ostří by bylo pravidelnější. Tato metoda byla zvolena i u výzkumů Bucka (1982) a Scotta – Scotta (1982) a ostří čepelí bylo ukázkově pravidelné. Zmíněný schodovitý charakter čepele ze slovenského obsidiánu je zřejmě způsoben pomalým šířením trhliny při výrobě čepele, což by se u metody štípání za pomoci tlaku stát nemělo. Navíc byly v mém případě k dispozici jádra pouze do velikosti 5 cm. Při jejich větší velikosti by bylo možné získat delší čepele a jejich zhotovení by nebylo tak složité jako u malých jader. Čepel ocelového skalpelu je v pravidelnosti ostří víceméně podobná čepeli z tureckého obsidiánu. Co se týče povrchové drsnosti (bočních stran) čepelí, zde jsou viditelně lepší výsledky u obou obsidiánů. Oproti ocelové čepeli, která je výrazně rýhovaná, mají hladší povrch. Z 3D modelů ostří při zvětšení 50x je však viditelná výrazná hrbolatost bočních stran u tureckého obsidiánu a menší nerovnosti u slovenského. Oba obsidiány jsou tedy na svých bočních stranách hladké, ale nerovné.

Mikroanalýza vzorků na spektrálním elektronovém mikroskopu se místy neshodovala s výsledky jiných prací. Co se týče obsidiánu z Viniček, podle výsledků v diplomové práci Švecové (2011) se zde nachází pyroxen, konkrétně se jedná o ortopyroxen enstatit. Tento minerál nebyl při analyzování vzorku z Viniček na mikrosondě (=SEM) zaregistrován, ač se má jednat o jeden z hlavních minerálů. Nebyl zjištěn ani při pozorování leštěného výbrusu pod polarizačním mikroskopem. To stejné platí i u draselného živce, který při mém výzkumu nebyl spatřen.

Jak již bylo zmíněno výše, čepel z obsidiánu z Hasan Dagi je nejostřejší ze všech tří vzorků čepelí. Čepel se však směrem od ostří víceméně kontinuálně rozšiřuje a čepel je tak velmi široká. Podobný případ nastal i u čepele ze slovenského obsidiánu, jejíž ostří je druhé nejostřejší. Čepel se směrem od ostří také velmi rozšiřuje, avšak s tím rozdílem, že je viditelně velmi nepravidelná v porovnání s čepelí z tureckého obsidiánu. Širokost čepele je u slovenského obsidiánu pravděpodobně způsobena tím, že čepel byla zhotovována z velmi malých jader (cca 5 cm), tudíž nebylo možno artefakt lépe opracovat. U čepele z tureckého obsidiánu je důvodem pro širokost zřejmě vysoká nehomogenita a velmi špatný lom obsidiánu. Nejméně ostrá je ocelová čepel. Oproti čepelím z obou obsidiánů je však víceméně rovnoměrná po celé svojí délce, což je její výhodou.

Zajímavý a méně očekávaný výsledek přinesla zkouška mikrotvrdosti. Podstatně vyrovnanější (s menší směrodatnou odchylkou) výsledky vykázal oproti slovenskému obsidián z Hasan Dagi. Zde se nabízí otázka, jak je to možné, když je turecký obsidián značně nehomogenní na rozdíl od slovenského. Nejpravděpodobněji to způsobila rozdílná tvrdost skelné a krystalické fáze. Co se týče samotné mikrotvrdosti, oba obsidiány jsou téměř vyrovnané, tj. bez signifikantního rozdílu.

11. ZÁVĚR

S ohledem na získané výsledky v laboratorním výzkumu slovenský obsidián nevykázal vlastnosti podle původního očekávání. Vzhledem k aplikované metodice v této práci není slovenský obsidián z Viniček příliš vhodnou surovinou na výrobu chirurgických skalpelů. I přes homogenitu sklovité hmoty, nejostřejší čepel a vynikající lasturnatý lom tohoto obsidiánu je jeho velkou nevýhodou nepravidelné ostří kaskádovitého či schodovitého charakteru. Jak již bylo zmíněno v diskuzi, za nepravidelné ostří by mohla být zodpovědná zvolená technika k výrobě čepelí – metoda štípaní za pomoci měkkých otloukačů (např. Inizan et al. 1999). Z tohoto důvodu nemůže být s jistotou řečeno, že se obsidián z Viniček na výrobu chirurgických skalpelů nehodí. Naopak, výsledky u tureckého obsidiánu podaly vcelku překvapivé informace. Ačkoliv je tento obsidián silně nehomogenní a má velmi špatný lasturnatý lom a při výrobě experimentálních čepelí se rozpadá, má kvalitnější ostří, co se pravidelnosti (při kolmém pohledu na ostří) a tenkosti týče než obsidián ze Slovenska.

12. SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

Aydar E. (1992): Etude volcano – structurale et magmatologique du strato-volcan Hasan Dagi (Anatolie Centrale, Turquie). Univ.Clermont-Fd, Francie.

Aydar E., Gourgaud A. (1998): The geology of Mount Hasan stratovolcano, central Anatolia, Turkey. – Journal of Volcanology and Geothermal Research, 85, 129-152.

Baňácký V., Vass D., Kaličiak M., Remšík A., Pospíšil Ľ. (1988): Vysvetlivky ku geologickej mape severnej časti Východoslovenskej nížiny 1: 50 000. – Geologický ústav Dionýza Štúra, Bratislava.

Bánesz L. (1991): Neolitická dielňa na výrobu obsidiánovej indrustrie v Kašove. – Východoslovenský Pravek, 3, 39-68.

Besang C., Eckhardt F. J., Harre W., Kreuzer H., Müller P. (1977): Radiometrische altersbestimmungen an Neogenen eruptivegesteinen der Türkei. – Geologisches Jahrbuch, 25, 3-36.

Bigazzi G., Poupeau G., Yegengil Z., Bellot-Gurlet, L. (1998): Provenance studies of obsidian artefacts in Anatolia using the fission-track method: An overview. In: Gourgaud A., Gratuze B., Poupeau G., Poidevin J. L., Cauvin M. C. (eds.): L´Obsidienne an Proche et Moyen Orient, du Volcan a l´Outil. – BAR International Series Hadrian Books, 738, 69-89.

Bouška V., Borovec Z., Cimbálníková A., Kraus I., Lajčáková A., Pačesová M. (1987): Přírodní skla. – Academia, Praha.

Brantingham P. J., Olsen J. W. (2000): Raw material quality and prepared core technologies in Northeast Asia. – Journal of Archaeological Science, 27, 255-271.

Buck B. A. (1982): Ancient Technology on Contemporary Surgery. – The Western Journal of Medicine, 136, 265-269.

Carter T., Poupeau G., Bressy C., Pearce N.J.G. (2006): A new programme of obsidian characterization at Catalhöyük, Turkey. – Journal of Archaeological Science, 33, 89-909.

Cauvin M. C., Balkan-Atli N. (1996): Rapport sur les recherches sur I´obsidienne en Cappadoce. – Anatolia Antiqua, 4, 249-271.

Deniel C., Aydar E., Gourgaud A. (1998): The Hasan Dagi stratovolcano (Central Anatolia, Turkey): evolution from calc – alkaline to alkaline magmatism in a collision zone. – Journal of volcanology and geothermal research, 87, 275-302.

Domański M., Webb J., Glaisher R., Gurba J., Libera J., Zakościelna A. (2009): Heat treatment of Polish flints. – Journal of Archaeological Science, 36, 1400-1408.

Ercan T., Saroglu F., Kuscu I. (1994): Features of obsidian beds by volcanic activity in Anatolia since 25 million years BC. – In: Demirci S., Özer A. M., Summers G. D.(1996): Archaeometry 94: The proceedings of the 29th International Symposium of Archaeometry. – Tübitak, Ankara.

Gonzáles – Darder J. M. (2017): La trepanación craneal en las culturas primitivas. – Neurocirugía, 28, 28-40.

Haviland W. A., Walrath D., Prins H. E. L., McBride B. (2010): Evolution and Prehistory: The Human Challenge, Nineth Edition. – Wadsworth Publishing, Belmont.

Chaput E. (1936): Voyages d'études géologiques et géomorphogéniques en Turquie. – Paris E. de Boccard, Paris.

Chataigner C., Poidevin J. L., Arnaud N. O. (1998): Turkish occurences of obsidian and use by prehistoric peoples in the Near East from 14, 000 to 6000 BP. – Journal of Volcanology and Geothermal Research, 85, 517-537.

Inizan M. L., Reduron-Ballinger M., Roche H., Tixier J. (1999): Technology and Terminology of Knapped Stone. – Cercle de Recherches et d´Etudes, Nanterre.

Jedickeová L. (2004): Nerosty a horniny. – Ottovo nakladatelství s.r.o., Praha.

Kaminská Ľ., Ďuďa R. (1985): K otázke významu obsidiánovej suroviny v paleolite Slovenska. – Archeologické rozhledy, 37, 121-129.

Kaminská Ľ. (2013): Sources of raw materials and their use in the Palaeolithic of Slovakia. In: Mester Z. : The lithic raw material sources and interregional human contacts in the Northern Carpathian regions. – Polish Academy of Arts and Sciences - Institute of Archaeological Science sof the Eötvös Loránd University, Kraków – Budapest.

Kaminská Ľ. (2016): Gravettian and Epigravettian lithics in Slovakia. – Quaternary International, 406, 144-164.

McIlrath S. (1984): Obsidian blades: Tomorrow´s surgical tools? – American Medical News, November 2, 1984, 29-30.

Pastre J. F., Kuzucuoglu C., Fontugne M., Guillou H., Karabiyicoglu M., Ercan T., Türkecan A. (1998): Séquences volcanisées et corrélations téphrologiques au N-E du Hasan Dag (haut bassin de la Melendiz, Anatolie centrale, Turquie). – Quaternaire, 9, 169-183.

Podborský V. (1993): Pravěké dějiny Moravy. Kubíček, J. (ed). – Muzejní a vlastivědná společnost, Brno.

Přichystal A. (2009): Kamenné suroviny v pravěku východní části střední Evropy. – Masarykova Univerzita, Brno.

Přichystal A., Škrdla P. (2014): Kde ležel hlavní zdroj obsidiánu v pravěku střední Evropy? – Slovenská archeológia, 62 (2), 215-225.

Rapp G. R. (2009): Archaeomineralogy. – Springer Verlag, Berlin.

Řepčok I. (1977): Stopy delenia uránu a možnosti ich využitia pre datovanie na príklade vulkanických skiel. – Západní Karpaty, Séria: Mineralógia, petrografia, geochémia, ložiská, 3, 175-196.

Scott M. J., Scott M. J. Jr. (1982): Obsidian Surgical Blades: Modern Use of a Stone Age Implement. – The Journal of Dermatologic Surgery and Oncology, 8 (12), 1050-1052.

Švecová E. (2011): Charakteristika vulkanických skel z Karpat a jejich využívání v pravěku. – Masarykova univerzita, Brno.

Thomas D. H., Kelly R. L. (2006): Archaeology. – Thomson Wadsworth, Belmont.

Internetové zdroje:

www1: Mapový portál. Geologické mapy. Geologická mapa Slovenska M 1:50 000. Dostupné z: http://apl.geology.sk/gm50js/ (cit. 2. 5. 2018)

www2: Fotocommunity. Fotos. Dostupné z: https://www.fotocommunity.de/photo/vulkan-hasan-dag-ilmar-punctum/2608648 (cit. 7. 2 2018)

www3: Atlas. Kesfet. Dostupné z: https://www.atlasdergisi.com/kesfet/bilim/orta-anadolu-volkanlari-uyuyan-devler.html (cit. 6. 5. 2018)

www4: GeoScience Map Viewer and Drawing Editor. Dostupné z: http://yerbilimleri.mta.gov.tr (cit. 16. 6. 2018)

www5: Daily Mail. Science. Dostupné z: http://www.dailymail.co.uk/sciencetech/article-2138946/The-2000-year-old-bloody-knife-PROVES-ancient-Mexicans-practiced-human-sacrifice.html (cit. 28. 3. 2018)

www6: Ancient Origins. History. Dostupné z: http://www.ancient-origins.net/history/infamous-eagle-warriors-elite-infantrymen-aztec-empire-005994 (cit. 2. 5. 2018)

www7: Flintknapping Hall of Fame. Dostupné z: http://flintknappinghalloffame.blogspot.com/2013/01/don-crabtree-hall-of-fame-flintknapper-3.html (cit. 3. 5. 2018)

www8: The University Record – University of Michigan. Health & Medicine. Dostupné z: http://www.ur.umich.edu/9798/Sep10_97/surgery.htm (cit. 15. 4. 2018)

PŘÍLOHY

Příloha 1: Vstupní data a výsledky z mikrosondových analýz živců

Příloha 2: Vstupní data z mikrosondových analýz biotitů

PŘÍLOHA 1: Vstupní data a výsledky z mikrosondových analýz živců

	Živec 1	Živec 2	Živec 3	Živec 4	Živec 5
SiO_2	62,09	62,57	66,60	63,86	62,96
Al_2O_3	23,06	22,66	19,56	21,91	22,48
Na_2O	9,19	8,94	7,74	8,91	8,15
CaO	4,77	4,87	3,42	4,11	5,06
K_2O	0,52	0,39	1,01	0,64	0,37

Tab. 1 Mikrosondové analýzy živců z lokality Viničky v hm%.

	Živec 1	Živec 2	Živec 3	Živec 4	Živec 5
Ca	0,24	0,24	0,16	0,19	0,24
Na	0,80	0,75	0,63	0,75	0,70
K	0,03	0,02	0,05	0,04	0,02
Al	1,23	1,18	1,06	1,13	1,18
Si	2,75	2,80	2,96	2,86	2,82
Sum. alk	1,07	1,01	0,84	0,98	0,96
Sum. kat	5,05	4,99	5,7	4,97	4,96
An	22,43	23,76	19	19,39	25
Ab	74,77	74,26	75	76,53	72,92
Or	2,80	1,98	6,00	4,08	2,08

Tab. 2 Mikrosondové analýzy živců z lokality Viničky, přepočteno na 8 O.

	Živec 1	Živec 2	Živec 3	Živec 4	Živec 5	Živec 6
SiO_2	61,02	64,97	62,60	62,02	61,41	63,11
Al_2O_3	23,38	21,20	21,76	22,78	23,17	22,14
Na_2O	9,10	8,64	9,56	9,07	9,14	9,67
CaO	4,94	2,91	3,56	4,17	4,71	3,53
K_2O	0,54	0,40	0,37	0,59	0,54	0,66

Tab. 3 Mikrosondové analýzy živců z lokality Hasan Dagi v hm %.

	Živec 1	Živec 2	Živec 3	Živec 4	Živec 5	Živec 6
Ca	0,19	0,14	0,17	0,20	0,23	0,17
Na	0,79	0,75	0,84	0,80	0,80	0,86
K	0,03	0,02	0,02	0,03	0,03	0,04
Al	1,23	1,12	1,16	1,19	1,24	1,18
Si	2,77	2,90	2,83	2,79	2,75	2,81
Sum. alk	1,01	0,91	1,03	1,03	1,06	1,07
Sum. kat	5,01	4,93	5,02	5,01	5,05	5,06
An	18,81	15,38	16,50	16,81	21,70	15,89
Ab	78,22	82,42	81,55	67,23	75,47	80,37
Or	2,97	2,20	1,95	2,52	2,83	3,74

Tab. 4 Mikrosondové analýzy živců z lokality Hasan Dagi, přepočteno na 8 O.

PŘÍLOHA 2: Vstupní data a výsledky z mikrosondových analýz biotitů

	Biotit Viničky 1	Biotit Viničky 2	Biotit Viničky 3	Biotit Hasan Dagi 1	Biotit Hasan Dagi 2	Biotit Hasan Dagi 3
SiO_2	38,85	34,43	34,61	37,33	37,51	36,91
TiO_2	0,42	4,20	4,11	2,71	2,26	3,53
Al_2O_3	13,93	14,11	13,75	13,50	13,62	13,74
FeO	15,61	23,81	22,41	13,97	13,15	13,55
MgO	16,14	8,42	8,93	15,23	16,39	15,14
Na_2O	0,19	0,17	0,18	0,99	0,84	0,88
K_2O	6,89	8,05	8,01	7,53	7,69	7,75

Tab. 5 Mikrosondové analýzy biotitů z obou lokalit v hm%.

	Biotit Viničky 1	Biotit Viničky 2	Biotit Viničky 3	Biotit Hasan Dagi 1	Biotit Hasan Dagi 2	Biotit Hasan Dagi 3
Si	5,90	5,49	5,50	5,77	5,34	5,70
Al	2,50	2,65	2,57	2,42	2,24	2,43
Ti	0,09	0,51	0,97	0,32	0,26	0,37
Fe	1,99	3,18	2,98	1,77	1,55	1,78
Mg	3,66	2,00	2,11	3,54	3,53	3,55
Na	0,06	0,05	0,06	0,29	0,24	0,26
K	1,37	1,64	1,62	1,49	1,38	1,50
Suma.kat	15,57	15,52	15,81	15,60	14,54	15,59
Fe %	35	58	61	33	31	33
Mg%	65	42	39	67	69	67

Tab. 6 Mikrosondové analýzy biotitu a jejich přepočet na 22 O, vyjádření obsahu Mg a Fe v %.