

**Západočeská univerzita v Plzni**

**Fakulta filozofická**

**Diplomová práce**

**Lučičtinská praxe u kultury zvoncovitých  
pohárů: experimentální studie**

**Václav Bureš**

Plzeň 2015

**Západočeská univerzita v Plzni**

**Fakulta filozofická**

Katedra antropologie

**Studijní program Antropologie populací minulosti**

**Studijní obor Antropologie populací minulosti**

**Diplomová práce**

**Lučičnická praxe u kultury zvoncovitých  
pohárů: experimentální studie**

**Václav Bureš**

*Vedoucí práce:*

Mgr. Daniel Sosna, Ph.D.

Katedra antropologie

Fakulta filozofická Západočeské univerzity v Plzni

Plzeň 2015

Prohlašuji, že jsem práci zpracoval samostatně a použil jen uvedených pramenů a literatury.

*Plzeň, listopad 2015* .....

Chtěl bych poděkovat vedoucímu mé diplomové práce Danu Sosnovy za nespočetné rady a připomínky a všem těm, kteří mne podporovali ve studiu, především mé rodině.



## Obsah

1. Úvod.....	1
2. Lučištnická praxe v minulosti .....	3
2.1 Projektilové technologie.....	3
2.2 Kultura zvoncovitých pohárů .....	5
2.3 Pazourek a identita .....	9
2.4 Lovci či válečníci.....	10
2.5 Šipky KZP .....	14
3. Traseologie .....	19
4. Metodologie .....	23
4.1 Výroba šípů KZP.....	23
4.1.1 Výroba hrotů .....	23
4.1.2 Výroba šípů.....	26
4.2 Materiál .....	28
4.2.1 Variabilita šipek.....	28
4.2.2 Rozřazení šipek .....	33
4.3 Hypotézy .....	37
4.4 Střelby.....	39
4.5 Zpracování materiálu a dat.....	41
5. Výsledky.....	44
5.1 Popis poškození šipek.....	44
5.1.1 Šipky užívané pro simulaci boje .....	44
5.1.2 Šipky užívané pro simulaci rituální střelby.....	72
5.2 Trvanlivost šipek.....	93
5.3 Fraktury a stopy užívání .....	94

5.3.1 Hypotéza 1.....	98
5.3.2 Hypotéza 2.....	99
5.3.3 Hypotéza 3.....	101
5.4 Shrnutí výsledků .....	101
6. Diskuze .....	103
6.1 Srovnání s výzkumy.....	103
6.1.1 Srovnání s předchozím výzkumem autora .....	103
6.1.2 Srovnání s dalšími výzkumy .....	104
6.1.3 Srovnání s archeologickými nálezy .....	109
6.2 Problémy výzkumu .....	110
6.2.1 Problémy výroby .....	111
6.2.2 Problémy střeleb.....	112
6.2.3 Problémy sběru a vyhodnocení dat .....	115
6.3 Shrnutí .....	116
7. Závěr .....	118
8. Literatura.....	120
9. Resumé.....	127

## 1. Úvod

Zkoumání minulosti a vývoje člověka je jedním z velkých a atraktivních témat, jimiž se zabývají mnozí jak z řad profesionálních badatelů, tak amatérů. Rekonstrukce minulých životů je častokrát velmi těžkým úkolem, jelikož se nám do dnešní doby zachovaly pouze zlomky lidské aktivity, jež jsou pro nás časově velmi vzdálené a tedy obtížně identifikovatelné. Poznatky týkající se artefaktů zachovaných z dob nám velmi vzdálených jsou častokrát rekonstruovány pomocí etnografických znalostí a rekonstrukce dávno zapomenutých činností a nástrojů. V mé práci se tak zaměřuji na archeologickou kulturu definovanou výskytem keramiky zvoncovitého tvaru, tzv. kulturu zvoncovitých pohárů a jejich způsob užívání nástrojů, resp. hrotů šípů.

Mužští příslušníci této kultury byli často pohřbíváni společně s mnoha pazourkovými hroty šípů. Jejich častý výskyt, jenž se projevuje i na jejich množství uložených v jednom hrobě, by mohl značit, že šlo o velké válečníky, lovce a lukostřelce. Některé výzkumy však ukazují, že tyto šipky nejeví tak velké opotřebení, jak by se na první pohled mohlo zdát. To také narušuje obecnou představu o eneolitu, tedy jako o době rozvíjejícího se válečnictví.

Z jakého důvodu jsou v takovém množství tyto šipky nacházeny v pohřebním ritu? K čemu mohly sloužit? Značí tyto artefakty reálné válečnictví? Jakým způsobem tato kultura užívala tyto předměty?

Pomocí experimentálního výzkumu – rekonstrukce šípů kultury zvoncovitých pohárů – bude mou snahou přispět k bádání po různých opotřebeních těchto hrotů šípů, které by poukázaly a alespoň částečně odkryly jejich použití a tedy i lidskou aktivitu, jež nám je tisíce let vzdálená.

Cílem práce je identifikace typů opotřebení kamenných projektilů, které odpovídají určitým způsobům chování skrz vytvoření experimentálního souboru šipek se specifickými stopami užívání. Primární výzkumnou otázkou tedy je, zdali v případě pravěké lukostřelby existuje nějaký vztah mezi lidskou činností a specifickými stopami, jež po sobě tato činnost na předmětech zanechá. Konkrétně budu ověřovat otázku, zdali budou dva různé druhy lukostřelby po sobě zanechávat na pazourkových hrotech odlišitelné stopy užívání a zdali jsou tyto stopy natolik diskrétní, abychom byli schopni na jejich základě spolehlivě zpětně odlišit různé způsoby pravěkého chování. To by znamenalo, že tento soubor by mohl být později dále využíván ke srovnávání s archeologickými nálezy a tak přispět k pochopení naší minulosti. V rámci toho cíle jsem si stanovil dvě výzkumné otázky:

1. Liší se opotřebení vzniklá během rituálního válečnictví od stop vzniklých při lovu/boji?
2. Lze pomocí oleštění baze šipky rozlišit šipky používané k lukostřelbě od nepoužívaných?

## 2. Lučičnická praxe v minulosti

### 2.1 Projektilové technologie

Projektilová technologie jako zásadní inovace v lidské technické i behaviorální evoluci se schopností zabíjet na dálku dala našim předkům specifickou výhodu nad ostatními predátory, a tím zvětšila jejich možnosti lovu větší a nebezpečnější kořisti. Stejně tak i proměnila způsoby boje. Jejím pomocí je možno útočit na nepřítel bez vystavení sebe sama přímému nebezpečí. Dnes je po původu kompozitní projektilové technologie usilovně pátráno, neboť je to z hlediska archeologického záznamu jeden z nejvýznačnějších milníků v lidské kognitivní evoluci. Nakolik je tato inovace zásadní a komplexní velmi dobře ilustrují tzv. kognigramy (Heide 2010) vycházející z konceptu operačního řetězce neboli „*chaines opératoire*“ (Leroi-Gourhan 1964). Kognigram v podstatě vizualizuje a kategorizuje informaci operačního řetězce výroby a použití nástroje. Nezaměřuje se ovšem pouze na materiální koreláty procesu, ale zahrnuje i vnitřní motivace tvůrce. Ve výsledku pomocí kognigramu měříme vzdálenost od prvotní potřeby k jejímu uspokojení.

Heide (2010) velmi pěkně popisuje a vizualizuje postupné zesložitění operačního řetězce v průběhu evoluce pomocí kognigramu v užití kamene pro rozbití mušlí u mořských vyder (*Enhydra lutris*). Proces začíná u potřeby nasycení. To obsahuje podproblém přístupu do mušle, což vyžaduje nástroj. Ten je třeba nejprve nalézt (fáze 1), transportovat ke zdroji potravy a společně pak na mořskou hladinu (fáze 2). Následuje správné umístění kamene, uchopení mušle a její otloukání (fáze 3). Nakonec dojde k uspokojení prvotní potřeby nasycení (fáze 4). Je to tedy proces o šesti krocích ve čtyřech fázích s použitím jednoho neupravovaného nástroje. Pozornost je přitom upřena na tři objekty: hlad, mušle a nástroj. Pro úspěšné zvládnutí procesu je nutné na jednu stranu držet v mysli obrazy všech tří objektů, na druhou stranu vytěsnit pocit

hladu a soustředit se na mezifáze pro jeho uspokojení. Oproti tomu vrchol kompozitní štípané technologie lukostřelecký set (Lombard, Heide 2012) zahrnuje 24 samostatných operačních jednotek jednodušších (produkce ohně: pět podproblémů řešených v deseti krocích o osmi fázích) i složitějších (produkce tětiny – jedenáct podproblémů řešených v 21 krocích o sedmi fázích). Mnoho z těchto fází je ireverzibilních, vyžaduje schopnost prostorové abstrakce, chápání esence a změny materiálů.

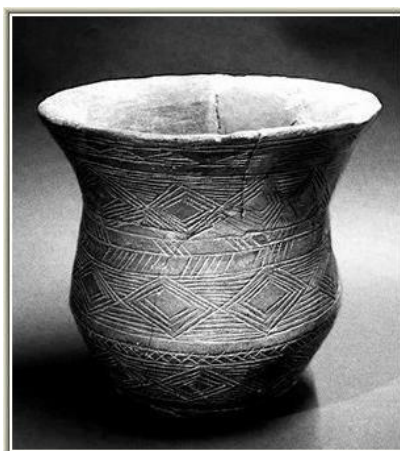
Myšlenka luku byla jistě evoluční novinkou. Šíp již takovou novinkou nebyl, jelikož jeho koncepce nebyla výlučně vlastní anatomicky moderním lidem. Heide (2010) analyzuje kopí nalezené v lokalitě Schöningen 13 – staré 300 – 400 tis. let BP a asociované s *Homo heidelbergensis*. Uchycení řezného nástroje na jiný objekt zachycuje zcela novou konstrukci nástrojů. Kognigram vytvořený pro výrobu kopí a jeho použití k lovu koní řeší deset podproblémů ve 29 fázích a mnoha dílčích krocích. Dalším zdrojem inspirace pro výrobu šípů byla technologie kompozitního uchycení. Ta se objevuje v jižní Africe minimálně před 70 tisíci lety. Nese s sebou prvek mentální rotace předmětů k jejich uchycení v různých pozicích pro plnění rozličných funkcí. Výroba lepidla opět ilustruje dramatický nárůst kognitivní kapacity v rámci abstraktního chápání vlastností věcí, konkrétně vícestupňové nenávratné zpracování. Novinkou je zde přeměna vlastností materiálů. Kombinací okru a pryskyřice za pomoci tepelného zpracování získáváme hmotu zcela nových vlastností. Proces musí být dodržen velmi přesně jak z hlediska přípravy surovin, posloupnosti, časových odstupů i rozmezí teplot. V abstraktní rovině můžeme říci, že rod *Homo* se tímto krokem plně vyvázal z doposud známých zákonitostí přírody a překročil tímto techniky redukce, modifikace a kombinace, začal tvořit v plném významu slova.

Samotné zbraňové systémy se díky organické povaze svých komponentů málokdy zachovávají v archeologickém záznamu, proto jediná

informace o jejich minulé existenci pochází z kamenných částí. Prozatím nepanuje mezi badateli shoda kde přesně se projektilové technologie objevují. Wilkins et al. (2015) se na základě nálezů z Afriky domnívají, že již před 500 tisíci lety. Lombard a Pargeter (2008) vidí původ v subsaharské Africe kolem 64 tisíc let BP. K masovému rozšíření došlo dle většiny badatelů pravděpodobně mezi 45 a 40 tisíci lety BP (Shea 2006). Nejstarší nalezené luky prozatím pocházejí ze Stellmooru v Německu, které jsou datovány cca 11 tisíc let BP (Cattelain 1997).

## 2.2 Kultura zvoncovitých pohárů

Kultura zvoncovitých pohárů (dále jen KZP) se na našem území vyskytovala v letech 2500 – 2300 BC, tedy na pomezí eneolitu a doby bronzové. Nacházela se tak v jednom z nejzajímavějších období evropských dějin, kdy se k nám dostávaly první znalosti metalurgie. Především však předpokládáme, že zde docházelo k postupné a téměř neznatelné, ale přesto progresivní změně sociální komplexity směrem k době bronzové (Sosna 2009). Jako jednotný pohřební ritus dosáhla KZP do té doby nevídaného územního rozmachu ve většině Evropy. Muži byli zpravidla pohřbíváni na levém boku s hlavou k severu, ženy na boku pravém s hlavou k jihu. Obě pohlaví tedy na své poslední cestě hledí vstříc vycházejícímu slunci.



**Obrázek 1: Pohár kultury zvoncovitých pohárů.** Zdroj: [http://www.avebury-web.co.uk/plain\\_stones/IMAG007.JPG](http://www.avebury-web.co.uk/plain_stones/IMAG007.JPG), dostupné dne 16.7.2014.

Název získala KZP podle typických pohárů (Obrázek 1), které byly v Čechách poprvé zaznamenány roku 1847 při stavbě železnice v Bohušovicích nad Ohří. Tyto poháry sloužily při tzv. „picích slavnostech“, které dokládají první konzumaci kvašených nápojů na našem území. Alkohol se popíjel pravděpodobně brčkem, neboť na hladině plaval zákal a mnoho nečistot. Symbolický význam slavností zůstává prozatím nejasný. Lze ovšem předpokládat že tento nový zvyk nabyl se svým rozšířením vysokou společenskou důležitostí, neboť poháry byly jednak velmi zdobné, ale hlavně se vyskytovaly v hrobech s neúprosnou pravidelností, což ukazuje na jejich vysokou symbolickou hodnotu. Samotné poháry byly ve střední Evropě vyráběny na lokální bázi (Rehmann et al. 1992). Výzdoba pohárů byla občas vyplněna bílou hmotou pro zvýraznění vzoru na červeně nabarveném povrchu poháru. Dle Všianského et al. (2014) se pro výplně používaly dvě skupiny materiálu: kaolin (minoritně sádrovec) a přepálené kosti. Naneseny byly až po vypálení nádoby (dle mikroskopického ohledání na více než 600 °C), neboť kaolinové inlaye si zachovaly svou krystalovou strukturu (ta se rozpouští při cca 500 – 550 °C). Druhý typ výplně se neskládá přímo z kostní hmoty, ale z krystalů hydroxyapatitu, jenž vznikají při pálení kostí za více než 700 °C. Není tedy jasné, zdali byla výplň (tzn. rozdrcená kostní hmota) nanášena před pálením keramiky, nebo byla výzdoba zvýrazněna již přepáleným hydroxiapatitem. Zda byla kostní hmota původu lidského, či zvířecího není možné díky rozdrcení a přepálení určit. Obecně platila preference kaolinu, pokud byl lokálně dostupný. Základová červená barva je pravděpodobně na bázi přepáleného hematitu (Všianský et al. 2014: 420).





**Obrázek 2: Kresba mužského hrobu KZP.** Zdroj: <http://www.templerearch.eclipse.co.uk/bronze/images/tomalin/2.-Jewitt-1870.png>, dostupné dne 16.7.2014.

Typickými součástmi pohřební výbavy mužů je dále dýka, kamenná nátepní destička, knoflík s V vrtáním a pazourkové šipky. Tento komplet spolu s výše uvedeným pohárem bývá označován jako „pohárový balíček“ (Shennan 1974) a jasně identifikuje pohřby z období KZP (Obrázek 2). Obecně pak na základě „pohárového balíčku“ a jejího časového umístění bývá pozdně eneolitická společnost představována jako válečnická (např. Vencel 1984). Toto podporuje i výskyt prvních specializovaných zbraní – kamenných bojových seker a rozvoj staveb opevnění. Bližší prozkoumání předmětů z pohřebních výbav ovšem tyto teorie nepodporuje. Naopak se zdá, že symboly byly v tomto období občas důležitější než utilitární funkce.

Lukostřeleckými pohřby se v Dánském prostředí zabýval Sarauw (2007). Mimo jiné poznamenává, že pazourkové dýky bývají často příliš velké (průměrně 25,2 cm) a tenké, než aby byly využívány při praktických činnostech jako stahování a porcování zvěře či boji. Spíše byly vyráběny zručnými experty jako symboly válečnictví, mužství a vysokého postavení (Sarauw 2007: 74). Na dýkách také nenalzáme stopy užívání, stejně

jako u oštěpů které pravidelně doprovází chlapecké pohřby. Jelikož se v Dánském prostředí nachází jak hroby extrémně bohaté, tak mužské hroby pouze s jednou obyčejnou dýkou, autor se přiklání k vysvětlení skrz koncepci prestiže, ať již ve formě rituálů přechodu do dospělosti či výsadních válečnických/loveckých skupin.

Kamennými nátepními destičkami v hrobovém kontextu se zabývali Fokkens et al. (2008). Ty byly obyčejně připevněny kůží nebo šlachou. Sloužily jako chránič předloktí před nárazem tětivy při výstřelu, jelikož nesprávnou technikou výstřelu může tětiva narazit do proximální části předloktí. Nátepní destičky se ovšem používají, stejně jako moderní chrániče, v distální části předloktí jako ochrana zápěstí před odřeninami. Autoři po zevrubné analýze dostupných nákrešů pohřebních kontextů a nálezů tvrdí, že mnoho nátepních destiček svým designem popírá jejich praktickou funkci. Většinou jde o artefakty moc dlouhé (více jak 200 mm v Španělsku) a tudíž křehké, či krátké (50 mm v Lucemburku), na to aby mohly efektivně tlumit náraz tětivy. Navíc autoři tvrdí, že většina chráničů nebyla v době uložení na vnitřní straně předloktí jedinců, ale na straně vnější. Neboli funkcí možná nebylo chránit předloktí jejich nositele, ale dávat najevo svou přítomnost – symbolizovat svůj status. Tuto hypotézu navíc podporuje zdobnost některých artefaktů. V neposlední řadě přispívá i skutečnost, že mnoho nátepních destiček bylo vyrobeno z dovezené suroviny místo lokálně dostupné.

Posledním z alespoň částečně prozkoumaných utilitárních předmětů „pohárového balíčku“ jsou silicitové šipky. Jejich trojúhelníková morfologie je uzpůsobena pro válečnictví, neboť po průniku do tkání a následné svalové kontrakci je vyjmutí šipky s křídélky – v tuto chvíli fungující jako zpětné háčky – velmi obtížné (Lee 2010). Ránu je třeba rozříznout nebo hrozí reálné nebezpečí poškození projektilu, či jeho oddělení od ratiště. Toto způsobí omezení pohyblivosti cíle, případně následné komplikace v podobě horšího hojení, zánětů atd. Oproti tomu

lovecké hroty bývaly ve většině kultur vyráběné bez zpětných háčků, aby šíp mohl vyklouznout ven, čímž se lovci snažili zabránit jeho poškození a navíc zvětšit ztrátu krve oběti. Stejně jako výše zmiňované dýky i většina šipek z hrobových kontextů nevykazuje stopy užívání při lovu/boji (Van Gijn 2010; Sosna 2012).

Tato práce by chtěla přispět k pochopení naší minulosti prozkoumáním vztahu činnosti a formování opotřebení na těchto pazourkových hrotech. Zdali stopy které se na projektilch nacházejí, nemohou souviset i s jinou než pouze lovecko/válečnickou situací, ale kupříkladu s válečnickým rituálním v souladu s výše uvedenými teoriemi badatelů.

### **2.3 Pazourek a identita**

Je téměř paradoxní, že v čase, kdy lov ztrácí svou důležitost díky farmaření jako dominujícímu způsobu obživy, se stávají šípy, nátepní destičky, brousky ratišť a pravděpodobně i luky tak významnými v archeologickém záznamu (Fokkens et al. 2008). Náповědu k rozluštění této hádanky nám zde prozatím nedaly nalezené artefakty, ani ji nemůžeme čekat v etnografických analogiích. Jak poznamenává Neustupný (1996: 32), tehdejší specifické podmínky plužního hospodářství mírného pásu původně pokrytého opadavými lesy, závislost na vzácných kovech jako je měď a cín, společně s krocením divokého dobytka a vytvářením jistých forem specializace vedoucí směrem k směnné síti v současnosti nikde na světě nenalzáme. Vysvětlení tedy musí logicky pocházet z teorií pramenících ze znalostí místa a času, kdy k této nebývalé shodě podmínek dochází.

Po tisíce let se lidé živilo lovem a sběrem. Tradičně se o lovu mluví jako o specificky mužské činnosti. Neutrpeły konstrukce mužské identity, když důležitost lovu poklesla díky novému způsobu obživy? Nevyprávěli si tenkrát lidé příběhy o velkých lovcích/válečnicích z dob minulých?

Nenalézáme v archeologickém záznamu obrazy a potažmo ideály dávno ztraceného světa?

Zdá se, že pohřební výbava se skládala z předmětů, které nesloužily k běžným a každodenním činnostem, ale z předmětů vyžadujících ke své výrobě často zvláštních znalostí (viz dánské dlouhé dýky) a vyráběných právě pro tuto pohřební událost (viz silicitové šipky) mnohdy z importovaných surovin. Jakýkoliv status tyto předměty značí, je to status standardizovaný. Fokkens et al. (2008: 125) se domnívají, že pohřební výbava obklopující muže a ženy KZP ve skutečnosti konstruuje reprezentace ideálních jedinců nebo jejich předků. Podobně uvažuje i Van Gijn (2010: 186), když pazourkové importy považuje za „*peaces of places*“ spojující jak jedince s jejich předky, tak jednotlivé komunity do větších celků sdílejících jednu historii a ideologii vyjádřenou právě pazourkovým artefaktem. Dle autorky i proto můžeme s postupem času sledovat čím dál větší rozdíl mezi běžnými/domácími a speciálními/posvátnými předměty projevené v jejich odlišných životních trajektoriích.

## **2.4 Lovci či válečníci**

Lov byl nedílnou součástí života pravěkých populací. V době lovecko-sběračských společností byl lov klíčový pro celkový příjem kalorií za rok, především však mohl být i jediným zdrojem potravy v zimních měsících. S nástupem zemědělství lze ovšem předpokládat, že jeho význam postupně klesá. Lidé si pravděpodobně postupně dokázali vypěstovat tolik rostlinné stravy, že lov byl povětšinou spíše přilepšením, než otázkou přežití. Schopnost lovit se ovšem mohla stát opět klíčovou v neúrodných letech, v případě přírodních katastrof, atd. Podíl archeozoologicky doložené zvěře u KZP je do 10 % kostního materiálu (Turek 2006: 348). Vcelku malá proporce lovné zvěře značí buď její nedostatek, nebo nízký zájem o ni. V obou případech můžeme

konstatovat, že pokud byla u KZP výrazná lovecká tradice, nemáme k tomu prozatím žádné indicie.

Válečnictví se tedy jeví jako mnohem pravděpodobnější vysvětlení tohoto kulturního fenoménu. Nicméně válečnictví má více podob a ve svých nejbrutálnějších polohách po sobě zanechává výrazné stopy, jenž ovšem u KZP nenacházíme.

Rozvoj válečnictví dávají badatelé (např. Otterbein 2004) do souvislosti s vymizením velké lovné zvěře, domestikací plodin a zvířat, sedentarizací, vymezením území a následným rozvojem sociální hierarchizace. Tyto podmínky by u KZP byly bezpečně splněny. Korenevsky (2014) vypichuje zlom právě znázorněním představ, v podobě zbraní, v pohřebním ritu, na rozdíl od symboliky utilitárních pracovních předmětů v dřívějších obdobích. Postupnou militarizaci společnosti provázanou s ekonomickým rozvojem popisuje ve dvou fázích. První je všeobecným vyzbrojováním dostupnými zbraněmi, které jsou relativně levné, opravitelné a každý je umí částečně ovládat. V této fázi chybí ochranné prostředky. Postupně se z více méně egalitářské skupiny profilují vůdci, nejdříve dočasní a poté „Big man“ společnosti. Druhá fáze již má svého „vůdce“ a je charakterizována vývojem speciálních zbraní a ochranných prostředků. KZP se pravděpodobně nacházela někde na počátku druhé fáze.

Mezi druhy válečnictví můžeme dle Korenevského (2014) řadit primitivní boje o území způsobené například migrací z důvodu hladu, změny klimatu, pohybu lovné zvěře; potyčky z jiných než ekonomických důvodů (čarodějnictví, krevní msty, atd.); a boje o zisk na úkor jiné skupiny. Podobně Venci (1984) vidí příčiny válek v rovině hospodářské (vzrůst populace nad meze úživnosti a následné boje o teritoria nebo ornou půdu); v rovině psychologické a morální (potřeba pomsty, ventilace agresivity); a rovině iracionální (z výkladu přírodních úkazů a magických

sil). Z archeologických situací bývá nesnadné odvodit důvody lidského jednání, natož pak násilného.

Organizované válečnictví po sobě ovšem zanechává výrazné stopy nejnázne zachytitelné v podobě specifických traumat: Parryho obrané zlomeniny (distální ulny), craniální fraktury, perimortem traumata v kombinaci s masovými hroby a spálenými archeologickými vrstvami (Erdal a Erdal 2012). V kontextu KZP ovšem mnoho takových stop nenacházíme. V neolitu většina zranění souvisí s denními aktivitami. Objevují se případy interpersonálního násilí, ale k formě organizovaného násilí mají daleko. V době bronzové oproti tomu nacházíme jasnou evidenci perimortem zranění, masové hroby, časté fraktury hlavy, a rozvoj fortifikací. To tedy značí nárůst násilí až v tomto období (Tamtéž). Milner (2005) se domnívá, že výskyty malých traumat na lidské kostře (značící v tomto období rozšířené projektilové technologie) jsou podhodnoceny z důvodu jejich velikosti spojené se špatnými podmínkami dochování. Traumata také mohou být zaměněna za stopy jiných nástrojů či přehlédnuta. Smith et al. (2007) ve své experimentální práci zabývající se právě znaky kosterních traumat v souvislosti s lukostřelbou uvádí tři výlučné znaky: 1) sražení vnitřních hran – rána je (podobně jako u střelných zbraní) na výstupu větší než na vstupu neboli dopadová energie projektilu způsobí kónický průřez rány; 2) fragmentace projektilu zanechá v okolní kostní hmotě drobné úlomky silicitu detekovatelné pod mikroskopem v zhruba 50 % případů; 3) silicitové projektily zanechávají ve vnitřních okrajích ran mnohonásobné paralelní podélné rýhy. Ty jsou způsobeny nerovnoměrností podélných hran šipek a tudíž snadno rozlišitelné od kovových nástrojů. V rámci experimentu byly rýhy detekovány v 76 % případů (tamtéž). I při detailní práci badatelů pravděpodobně zůstane tento typ traumat podhodnocen, neboť zkušený lučištník míří na srdce. Takové smrtelné zranění nemusí mimo menších rýh na žebrech (které mají relativně vysokou fragmentárnost v rámci

kosterní zachovalosti) zanechat stopy. Prozatím ovšem tento typ evidence u KZP nemáme.

V souladu s chybějícími doklady mnoha násilných traumat a úvahami autorů o pravděpodobně nezanedbatelných symbolických významech válečnické pohřební výbavy mužských příslušníků KZP je na místě otázka, zdali se většinově nevěnovali spíše válečnictví rituálnímu. Jak dokládá práce Wiesner (2002) rituální liniové válečnictví může být i jedním z mechanismů udržování sociálních vazeb mezi jednotlivými komunitami společnosti, případně může nepřímo přispět k nastolování sociální hierarchie a nerovnosti. Když autorka popisuje tzv. Velké ceremoniální války uvádí, že se jednalo vlastně o turnaje organizované s důrazem na okázalost spíše než na porážku a na slavnost spíše než na boj (Wiesner 2002: 242). Souboje probíhaly na připravených místech patřících hostitelům, kde nemohlo dojít ani k získání, ani ke ztrátě půdy. Bitvy byly plánovány během týdne zpíváním a tancem. Boje zahrnovaly výměny salv šípů mezi vzdálenými protáhlými liniemi válečníků (Tamtéž: 243). Vztahy, které vznikaly během bojů, byly transformovány do výměn zboží a domluvených sňatků. Nutno podotknout, že vznik těchto zvyků umožnila mnohem větší sociální komplexita a hierarchizace společnosti, než jakou předpokládáme koncem eneolitu.

Vander Linden (2006) vnímá KZP spíše jako sociální než kulturní termín (Vander Linden 2006: 319), kde je postava válečníka oproti předchozím obdobím zásadně jinak vnímána a konstruována, a to skrze sdílené přesně kódované předměty. Dle Vander Lindena (2006) fungovala jakási etika válečníka, neboli nový životní styl. Válečníkem zde mohl být každý. KZP tedy představuje úplný zlom v řízení sociálních interakcí, který zde byl charakterizován fluiditou a většími integračními kapacitami s důrazem na jednotlivce. Tento pohled pravděpodobně sdílí více badatelů. Otterbein (2004: 6) se domnívá, že v eneolitické náčelnické společnosti ještě neexistovala válečnická profese. Válečnictví

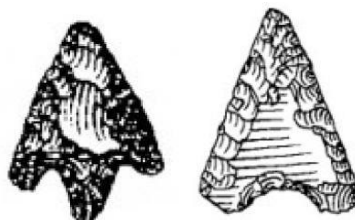
bylo přítomno v životě každého člověka, občas více a jindy méně, vždy ale pouze jako jedna z mnoha komplexních činností. Válečnictví bylo cestou života.

Příspěvek k rozuzlení této doby skrze zmapování stop užívání silicových hrotů pomocí experimentu je hlavním cílem této práce. Primární otázkou je, zdali existuje rozdíl v stopách užívání mezi rituálním válečnictvím a reálným bojem.

## 2.5 Šipky KZP

V mužských hrobech KZP se nachází pazourkové šipky s železnou pravidelností. Sarauw (2007: 73) uvádí minimálně jednu šipku na hrob, přičemž 70 % hrobů jich obsahuje více, a to s průměrem 3,55. Olivík (2009: 153) uvádí 1,7 – 6,5 šipek v závislosti na typu hrobu (žárové/kostrové/mohyly). Jak bylo zmíněno výše, na většině z nich nenalézají autoři stopy užívání. Morfologicky se jedná o plošně retušované trojúhelníkovité projektily s křídélky. Tento vzor loveckých hrotů se dle Apela (2012) rozšířil do Evropy ze severní Afriky.

V našem prostředí se detailně zabývá morfometrickými charakteristikami Olivík (2001, 2009). Tyto studie byly vybrány jako podklad pro výběr jednotného morfometrického tvaru určeného pro replikaci šipek v rámci experimentu. Níže následuje popis celkové variability nalezených souborů.



Obrázek 3: Šipka a řapem a bez řapu. Převzato z Olivík 2001.

V základu si můžeme šipky KPZ rozdělit na šipky s řapem a bez řapu (Obrázek 3). V souborech jednoznačně převažují šipky bez řapu.



Mimo estetického hlediska je zde hlavní rozdíl ve funkčnosti. Šipky s řapem můžeme k ratišti přichytit bez pomoci lepidla. Tedy zhotovením podélného zářezu do konce těla ratiště, kam vložíme řap a celou soustavu zafixujeme rostlinným nebo živočišným provázkem. Toto řešení je ovšem náchylnější k poškození. Jak ukazuje ve své práci Fauvele et al. (2012) a má předchozí práce (Bureš 2012), způsob uchycení má vliv na životnost projektilů. Konkrétně pak v rámci nedokonalého spojení mezi šipkou a ratištěm nedochází k přenosu energií, které se tedy celé realizují v těle šipky nebo pouze v bodě spojení (tzn. na počátku omotaného ratiště). Obé vede k nevyhnutelné fraktuře přesně v tomto bodě, tedy mezi tělem šipky a jejím řapem, případně hrotu šipky (Fauvell et al. 2012 uvádí průměrnou životnost 1,8 výstřelu). Šipky bez řapu se pouze nalepí na konec ratiště nebo do připraveného zářezu pro větší boční stabilitu. Tento způsob je díky potřebě lepidla, ať už rostlinného nebo organického, náročnější. Benefitem je ovšem vyšší trvanlivost projektilu (Fauvelle et al. 2012 uvádí průměr 3,3). Řešení ovšem není zcela univerzální, jelikož i po přidání adheziv lepící směs na teple měkne. V letním počasí tedy může dojít ke ztrátě pevnosti ve spoji. Olivík (2009) uvádí, že šipky s řapem se u KZP na území Moravy nacházejí pouze v nejstarších vrstvách v zastoupení cca 19 %. To může napovídat o reflexi této skutečnosti samotnými aktéry. Jelikož zastoupení šipek s řapem je minimální, pro experiment byl vyselektován tvar bez řapu.



**Obrázek 4: Tvar stran rovný, konvexní a konkávní. Převzato z Olivík 2001.**

Šipky dále můžeme dle Olivíka (2001) dělit na základě: tvaru, tvaru stran, opracování hran, tvaru křidélek a tvaru baze. Tvary stran dělí autor na rovné, konvexní a konkávní (Obrázek 4). Toto se může projevit na

penetračních vlastnostech projektilu. Tvar konkávní oproti konvexnímu v první fázi lépe penetruje cíl, jak ovšem šíp vlivem nárazu zpomaluje, projeví se klínovitost tvaru s tendencí k většímu zpomalení. Konkávní tvar je také méně stabilní při nárazu do tvrdých předmětů. Konvexní tvar oproti tomu projektil nejvíce zpomalí v první fázi penetrace, kdy je dopadová síla největší. Tento tvar je také mnohem stabilnější a často i opravitelný, tedy retušovatelný, neboť na hranách projektilu je více hmoty, tedy prostoru pro redukci. Třeba směrem k tvaru konkávnímu. Na jedné šípce samozřejmě můžeme nacházet kombinace tvarů dle zručnosti a štěstí výrobce. Pro účel experimentu byly vyselektovány tvary rovný a konvexní, protože mají větší stabilitu a případnou retušovatelnost v dalších experimentech.



**Obrázek 5: Šipka rovnostranná, rovnoramenná a rovnoramenná úzká.  
Převzato z Olivík 2001.**

Úhel, který mezi sebou svírají dvě strany pod špičkou, označujeme jako délko/stranový index (dále jen  $d/s$ ). Ten počítá poměr délky šípky k její šířce a v podstatě vyjadřuje druh tvaru trojúhelníku, tedy rovnostranný ( $d/s$  0,8 – 1,2), rovnoramenný ( $d/s$  1,2 – 1,7), či rovnoramenný úzký ( $d/s$  1,7 – 2) (Obrázek 5). Index v sobě nezahrnuje asymetričnost, tedy sám o sobě nedokáže vyjádřit různostrannost. Tento parametr je taktéž podstatný pro penetrační schopnosti šípky. Čím ostřejší vrcholový úhel trojúhelníku (vyšší  $d/s$  index), tím snáze projektil penetruje. Zároveň platí to, co u konvexního a konkávního tvaru stran. Méně hmoty je méně stabilní, tedy více náchylné k poškození pod tlakem dopadových sil. Pro účel experimentu byl vybrán tvar rovnoramenný s případným přesahem do tvaru rovnostranného.

Tvary křidélek dělí Olivík (2001) na rovné, obloukovité, lomené a hrotité. Křídélka mají funkci zpětného háčku, tedy znemožnit vytažení projektilu, jak bylo výše popsáno. Zároveň prodloužení hrany, tedy šířky projektilu, způsobuje větší ránu a tím usnadňuje průchod relativně mocnějšího ratiště do těla cíle. Hrotitý tvar pravděpodobně lépe zabraňuje vyjmutí šípku oproti tvaru kulatému. Pro účely experimentu byl tento parametr zanedbán jako nepodstatný.

Tvar baze, tedy konce šípky mezi křídélky, může být dělen na obloukovitou, trapézovitou, rektangulární, střežovitou, nepravidelnou a jejich přechodné formy. Tento parametr byl pro účely experimentu opět zanedbán, neboť pravděpodobně nemá větší funkční význam. Pouze je třeba ho zohlednit při zhotovování zářezu na ratišti pro konkrétní šípku.

Opracování hran, tedy kupříkladu pilovitost, jsem se v této práci rozhodl zanedbat, neboť jednak nejsou v souborech hojně zastoupeny, a navíc tyto šípky mívají speciální účel. Celkově pak můžeme dále rozlišit šípky symetrické a asymetrické. Ve většině lidských výtvorů jasně panuje preference symetrie. V tomto případě mimo estetického hlediska je důvod i ryze praktický. Symetrické tvary se snadněji osazují do osy šípku a mají výrazně lepší aerodynamické vlastnosti, to se zde na počátku soustavy může velmi výrazně projevit a ovlivnit tak dráhu letu střely, tedy úspěšnost zásahu.

Je třeba také říci, že výše zmíněná typologie tvarů, přestože má funkční souvislosti, by měla být v archeologickém záznamu vnímána jako kontinuální. Azevedo et al. (2014) ve své práci dobře ilustruje dramatickou změnu tvarů a velikosti v rámci životního cyklu šípky, způsobenou postupným retušováním při poškození/ztupení projektilu. Ta je u lukostřeleckých projektilů soustředěna převážně na špici projektilu a přilehlé oblasti. Morales a Verges (2014) při výzkumu paleolitických škrabadel uvádějí minimální počet retušovaných artefaktů (52 % procent).

Toto číslo sami považují ve srovnání s etnografickými zdroji informací za překvapivě malé. Neboli pravděpodobnost, že nalezené artefakty denní potřeby byly kontinuálně upravované, je velmi vysoká. O to víc je zarážející, že na šipkách z období KZP nalézáme tak málo stop užívání. V hrobových kontextech za to pravděpodobně může snaha našich předků posílat na „onen svět“ nástroje v co nejlepším stavu.

### 3. Traseologie

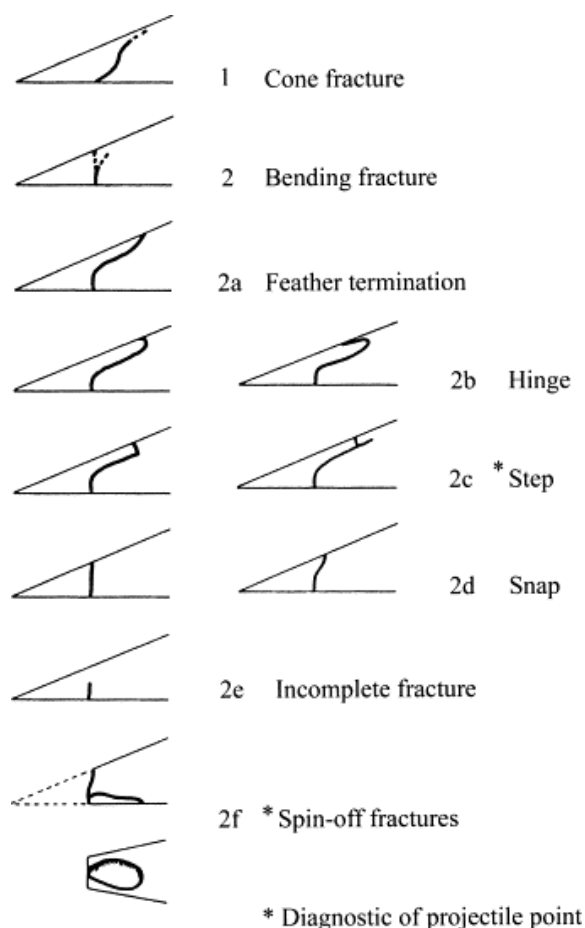
Traseologie je vědeckou disciplínou, která se již půl století snaží překročit vnímání typů. Ty totiž do věcí promítáme my. Traseologie je založena na přesvědčení, že funkce artefaktů nemůže být dedukována z jejich tvaru, ale musí být dedukována ze stop vzniklých jejich užíváním (Roots a Plisson 2014). Snaží se tedy zrekonstruovat příběhy, po nichž nám zbyly jen stopy. Těmto stopám avšak nelze porozumět pouhým nazíráním. Nedílnou součástí disciplíny jsou experimenty, při nichž sledujeme, jak se stopy formují, a snažíme se odhalit jejich jemné nuance. Ty nám dovolují dostat se o krůček blíže k minulému lidskému chování.

Od průkopnických prací Semenova (1964) je tedy traseologie ukotvenou archeologickou disciplínou založenou na stále přibývajících experimentálních souborech, jež ilustrují vztah mezi vzory opotřebením (kombinace strií, lesků, poškození hran, atd.) a podmínkami jejich vzniku při užívání (pohyb, zpracováváný materiál, kontext užívání, atd.) (Rots a Plisson 2014: 155). Pokud je pohyb nástroje pravidelný, například při řemeslné výrobě, stopy na nástrojích budou taktéž pravidelné a jejich rozvoj bude závislý na délce trvání této činnosti. U hrotů projektilů ovšem tento fixní vztah neplatí. Vztah mezi použitím šipky a stopami jejího užívání není tak jednoduchý, jelikož zde platí vysoká variabilita vnějších a vnitřních parametrů. Mezi vnitřní parametry patří design zbraně včetně tvaru hrotu, jeho uchycení k ratišti a váze celého kompletu. Mezi vnější poté řadí autoři techniku vrhání/střelby, vzdálenost cíle, druh cíle přírodní podmínky atd. Nejvýraznějším rozdílem je malá opakovatelnost. Například při řezání opakujeme pohyb po určitý čas, neboli třeba sto velmi podobných řezů. Projektil bývá zničen po několika málo výstřelech. Druhým zásadním rozdílem je velká rozmanitost kontaktních materiálů při dopadu (půda, kamení, dřevo, velké kosti, tenké kosti, kůže, maso, tráva, atd.) a způsobu nárazu (podélný, pod úhlem, kolmý) (Rots a Plisson

2014: 156). Neboli možnosti kombinací parametrů vnějších i vnitřních jsou velmi různorodé. Série podobných projektilů střílená za stejně proměnlivých podmínek do stejně heterogenního cíle bude vykazovat velmi vysokou variabilitu stop opotřebení oproti výše uvedenému řezání nožem.

Zkoumáním vlivu různých faktorů se dnes věnuje celá řada badatelů. Kupříkladu Iovita et al. (2014) zkoumali vliv úhlu a rychlosti na rozvoj fraktur. Střílely 234 identických skleněných odlitků Levalloiských projektilů pomocí stlačeného vzduchu (7 – 30 m/s) proti desce s měnitelným úhlem (45° – 90°). Tyto pokusy krásně ilustrují základní principy frakturní mechaniky. Čím větší rychlostí autoři projektily stříleli proti kolmé stěně, tím více se tvořily fraktury podélné k ose šípu. Čím menší rychlostí střílely, tím více se objevovaly fraktury kolmé k ose šípu (transversální). Čím větší síla proti kolmé pozici desky, tím větší rozvoj fraktury. To ovšem zcela neplatí při nahnuté desce. Pokud klesal úhel desky, tvořily se více stranově podélné (longitudinální) fraktury. Neboli směr rozvoje fraktury je odvislý od velikosti síly a jejího směřování. Takto instruktážní výsledky můžeme ovšem získat pouze v laboratorních podmínkách za podstatného omezení ostatních faktorů.

Nutno poznamenat, že fraktury se liší jak ve směru svého průběhu vzhledem k tělu šipky, tak v morfologii jejich průběhu. To vedlo k myšlence fraktur indikativních pro funkci projektilu (Fisher et al. 1984) (Obrázek 6). Tento koncept je dnes postupně opouštěn, neboť nelze šipku interpretovat pouze podle jednoho znaku. Ten může ve většině případů vzniknout ve více případech, třeba dopad šípu s nízkou energií se bude podobat silné ráně dýkou nebo pádu předmětu z výšky na tvrdý povrch. Většina druhů stop může vzniknout i při produkci. Je tedy třeba vnímat celý zkoumaný objekt a nalézat více důkazů podpírajících naše interpretace, než jen jednotlivá znamení.



**Obrázek 6: Typy zlomů (makrofraktur) z hlediska jejich průběhu. Převzato z Fisher et al. 1984.**

Velmi dobrým nástrojem pro další evidenci způsobu užívání k makrofrakturám (viz výše) jsou mikroskopické stopy. Jedná se o okem neviditelné lineární rýhy, lesky, zaoblení hran atd. Vznikají při kontaktu předmětu s okolním abrazivním prostředím. Kupříkladu pokud lukostřelecký projektil potká ve své dráze jiný dostatečně pevný objekt, zanechá tento na těle šipky stopy. Pokud budou tyto stopy v lineární ose šipky, může tím spolu s indikativní frakturou podpořit naši interpretaci užívání předmětu jako lukostřeleckého hrotu. Detailní přehled typů stop dle různých autorů vypracoval ve své práci Dockall (1997).

Speciálním případem mikrostop je *hafting*. Ten vzniká jako příznak po uchycení. Stopy po spojení s ratištěm není v archeologickém kontextu snadné identifikovat, neboť se nacházejí v neaktivní části kamenných nástrojů. Zde ovšem zanechávají stopy i mnohé jiné procesy jako

produkce, transport, postdepoziční procesy, atd. Stopy uchycení se zpravidla nacházejí naproti pracovní čepeli a k jejich největšímu rozvoji dochází kolem hranice spoje, kde se projevují na ploše jako lesky, a na hranách jako drobné mikroústěpy (Roots 2010).

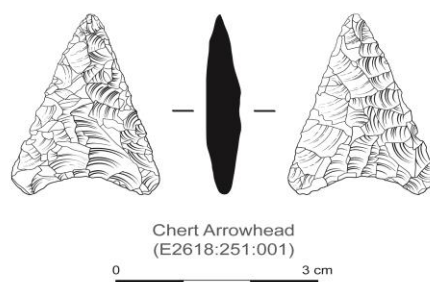
V souhrnu je tedy každý nástroj ovlivněn produkcí, uchycením, postdepozičními procesy a užíváním. Postdepoziční procesy, speciálně *trampling*, mohou v některých případech zanechat stopy velmi podobné stopám užívání (Pargeter 2011). Na tělech nástrojů, speciálně těch s členitým povrchem, také často zůstávají zbytky materiálů, se kterými přichází do kontaktu. Tyto označujeme jako *residua*.



## 4. Metodologie

### 4.1 Výroba šípů KZP

Pro zodpovězení primární výzkumné otázky, tedy zdali existuje rozdíl v stopách opotřebení silicitových hrotů mezi válečnictvím rituálním a bojem, byl vytvořen soubor 40 pazourkových hrotů. Šipky byly vyrobeny autorem textu v roce 2014 z baltského pazourku.



**Obrázek 7: Eneolitická šipka. Dostupné z:**  
<https://www.flickr.com/photos/headlandarchaeology/5366753951/>, dne 2.8.2015.

Pro účel výroby kopií lukostřeleckých projektilů KZP byly tedy na základě jejich převážného rozšíření v dochovaných souborech (Olivík 2009: 157) vybrány rovnoramenné šipky bez řapu s tvarem stran rovným až konvexním (Obrázek 7). Ostatní tvarové parametry byly vyhodnoceny jako zanedbatelné, přestože byly zaznamenány. Tento výběr sloužil jako ideál, jehož jsem se snažil při výrobě držet. Nutno podotknout, že ne vždy se to zcela dařilo.

#### 4.1.1 Výroba hrotů

Výroba hrotů se uskutečnila v roce 2014 z baltského pazourku. Mým původním záměrem byla výroba z tuzemských materiálů. Poté co jsem navštívil některá naleziště v České republice, jsem ovšem od tohoto záměru musel ustoupit. Většina nalezišť již buď nemá dostatečné množství kvalitní suroviny (např. Krumlovský les) nebo se jinde nalézají dostatečné množství kvalitního kamene různého původu (např. pískovny u Václavic, Hrádek nad Nisou), kde pazourky zbyly po pohybu

pevninského ledovce. Po konzultaci s vedoucím práce jsem se tedy rozhodl pro zahraniční surovinu. Jako nejbližší místo s dostatečným množstvím kamene odkud probíhal import suroviny i během eneolitu byl vybrán Balt. Konkrétně jsem zvolil ostrov Rujana, kam jsem se v létě 2013 vydal. Pazourek jsem sbíral na severozápadním pobřeží mimo plochu národního parku. Nutno poznamenat, že jsem přes veškerou snahu během dvou dnů vyměřeného času nenalezl ideální naleziště v podobě odkrytého profilu s pazourkovou žílou plnou čerstvého neovětralého pazourku dostatečné velikosti a kvality. Nasbíraný pazourek byl částečně dehydrovaný a ne zcela homogenní, což se negativně projevilo při pozdější výrobě hrotů. Při tom jsem spoléhal na svou předchozí zkušenost se štípáním silicitů (Bureš 2012) a dnes již klasickou učebnici Johna C. Whittakera (1994).

Postupoval jsem dle redukční sekvence oddělení úštěpu, ustanovení pracovních hran, zeštíhlení úštěpu, redukce konkavitu/konvexity, ustanovení základního tvaru, vytvoření čepelí plošnou retuší, vytvoření baze. Kroky nemusí jít nutně odděleně za sebou, neboť se postupně objevují a mizí různé redukční a tvarové problémy. Nutno poznamenat, že nejsem v tomto umění profesionálem a přiblížit se stanovenému obrazu bez zlomení šipky se mi povedlo zhruba u každé druhé.

Pro nováčky je nejobtížnější, jak potvrzuje práce Geribas et al. (2010), zvládnutí třech technických gest: podepření při úderu, pozice úštěpu a úhel úderu. Tyto tři proměnné (mimo jiných) rozhodují o úspěšnosti každého kroku v redukční sekvenci. Zvládnutí jejich složitosti netkví v uvažování, ale mistrného zvládnutí pohybu a vyhodnocování situace. Dalšími významnými faktory jsou úhel pracovní hrany a samotné místo úderu.

Uvedená studie přináší pár zajímavých poznatků v rozdílu mezi mistry a začátečníky. Pro dosažení stejného cíle stačí mistrům cca polovina úderů zato z více stran. Oproti začátečníkům také více rotují předmětem, neboli jejich plán je komplexnější, přesnější a zahrnuje méně behaviorálních jednotek. Jak uvádí Nonaka et al. (2010: 155) znalost konsekvencí úderu vyžaduje rychlé prozkoumávání vlastností jádra a otloukače ve shodě s vyšším plánem kombinací potenciálních úderových platform, kinetické energie dopadu otloukače a požadované velikosti úštěpu, jež je omezena zákonitostí mechaniky *conchoidálních* fraktur. Figuruje zde tedy mnoho vlivů a omezení, které je potřeba zpracovávat v reálném čase a dle toho koordinovat své pohyby v rámci předem připraveného scénáře, jenž se ale s každým dalším úderem mění. Tato činnost je tedy velmi komplexní a složitá. Lze buď prakticky vysvětlit pomocí několika málo obrázků a pár řádků textu (Whittaker 1994) nebo rozebrat na prvočinitele, jejichž interakce je natolik složitá, že na ni prozatím nestačíme (Magnani et al. 2014).

Pokud uvážíme výše uvedené, není nikterak překvapující skutečnost různé debitáže, tedy odpadu při redukční sekvenci, mezi jednotlivými kameníky (Williams a Adrefsky Jr., 2011). Problém je natolik nepochopitelný, že každý tvůrce má svůj jedinečný styl jeho řešení, který poté můžeme v archeologickém záznamu identifikovat. I zde je ovšem háček. Někteří kameníci produkují mezi jednotlivými projekty různé formy odpadu a debitáže, jiní jsou velmi konzistentní. Variabilita řešení jednoho problému je tedy velmi široká a záleží na každém tvůrci, jakou cestu si vybere.

Já jsem se při štípání pazourkových hrotů snažil být co nejkonzistentnější vzhledem k jejich velikosti, tvaru, tvaru hran symetrii, vrcholovému úhlu a úhlu hran. Vzhledem k tomu jsem se rozhodl používat moderní měděné nástroje, které mi práci velmi usnadnily. Měděný retušér, dle mého názoru, umožňuje štípat úhly a mocnosti

platform, jež by šly s parohovým nástrojem jen obtížně. Mění tím tedy morfologii předmětu? Domnívám se, že nikterak drasticky. Zákony frakturní mechaniky a *conchoidální* fraktury jsou pouze jedny. Tyto nástroje spíše umožnily nezkušenému kameníkovi více se ve svých výtvorech přiblížit archetypu, který si zvolil.

#### 4.1.2 Výroba šípů

Experiment by se měl z povahy věci co nejvíce přiblížit realitě. Z tohoto důvodu jsem se rozhodl repliky pazourkových hrotů KZP doplnit i eneolitickými šípů, respektive ratišti a uchycení projektilů k nim. Ve většině dnešních studií se dobová proutěná ratiště nahrazují ratišti prefabrikovanými ze štípané kulatiny, většinou cedru nebo smrku. Toto řešení je jistě snazší z hlediska času a investované energie. Omezuje se tím ovšem podstatná část variability. Moderní prefabrikáty jsou silně unifikované co do tuhosti a průhybu. To umožňuje velmi dobrý soustřel. Oproti tomu dobová ratiště z proutků nejsou standardizovaná. Každý prut naroste trochu jinak a chová se tedy i jinak v extrémní situaci, což jistě výstřel z luku je. Neboli doplněním nedokonalých projektilů nedokonalými ratišti zachováme originalitu každého výstřelu. Toto považuji pro zmapování variability chování nějaké soustavy za podstatné. Samozřejmě tím ale zvětšujeme vliv jiných než zkoumaných faktorů, zde rozdílný způsob střelby. Dle mého názoru je důležitější zachování věrohodnosti pokusu i za cenu nejednoznačných výsledků. Nutno poznamenat, že tato hranice může být velmi rozdílná v závislosti na výzkumné otázce i výzkumnému designu.

Pro zhotovení eneolitických šípů mi byla velmi cennou inspirací kniha Konrada Spindlera (1998) zachycující nález tzv. „ledovcového muže“ Otziho. Mimo spousty jiných zajímavých informací Spindler detailně popisuje artefakty, které byly s Otzim asociovány. Přestože se Otzi s KZP cca o tisíc let mívá, domnívám se, že způsob výroby natolik specifické soustavy jako lukostřeleckého setu zůstával totožný. Časově

a místně bližší takto kompletní nález prozatím nemáme. Jeho význam tkví především v tom, že se zde na jednom místě našli artefakty hotové, rozpracované i materiály a nástroje k jejich výrobě. Jmenovitě pak luk, šípky, zpracovávaná ratiště, retušér. Pro účely této práce je nejhodnotnější nález celých a rozpracovaných šípů, neboli finálního artefaktu i okénka z operačního řetězce, jenž k němu vedl.

Šípky byly dle Spindlera (1998: 114-117) zhotoveny ze svídy krvavé (*Cornus Sanquinea*) nebo kaliny tušalaje (*Viburnum Lantana*). Samotný hrot na ně byl nalepen do již zasyrova připraveného zářezu lepidlem na bázi březového dehtu. Pod hrotem bylo ratiště zpevněno přilepenou ovázanou šlachou proti rozštípnutí.

Pro účel experimentu jsem zvolil svídu krvavou, kvůli její snadné identifikaci a hojnému rozšíření na jihu Moravy. Pruty byly sbírány na podzim roku 2013. Spindler uvádí, že Otzi z větví oloupal kůru a na jednom konci hned za syrova vytvořil zářezy pro hroty. Pravděpodobně by vytvořil zářezy na druhém konci, neboť s pazourkovou čepelkou se pracuje s mokřým dřevem o poznání lépe. Než však toto stačil provést, zemřel. S vysokou pravděpodobností na zásah šípem do zad. Já jsem bohužel zasyrova zářezy nestihl zhotovit ani na jednom konci, neboť jsem si při těžbě ratišť poranil oko. Proutky byly proto zpracovány až částečně vyschlé. Kvůli úspoře času jsem používal moderní kovové nástroje jak pro oloupání kůry, tak k vytvoření zářezů. Toto samozřejmě může mít vliv na rozvoj stop opotřebení mezi šipkou a ratištěm.

Šipky byly do zářezu přilepeny lepidlem získaným z březového dehtu. Dehet byl pouze odpařen a do vzniklého lepidla nebyla přidána žádná adheziva. Na základě experimentální studie Fauvele (2012) jsem se rozhodl šipky zalepit více, než bývá běžné, pro zvýšení jejich odolnosti. Těsně pod šipkou bylo ratiště zpevněno zalepenou omotávkou z jelení šlachy (Obrázek 8).



**Obrázek 8: Šipky ve třech stádiích lepení. Zdroj: Archiv autora.**

Opeření na Otziho šípech bylo zhotoveno z letek většího ptáka, pravděpodobně datla, kavky, vrány, havrana, tetřeva, ibise, orla nebo supa. Já jsem se z hlediska logistické náročnosti v tomto případě uchýlil ke komerčně vyráběným letkám. Ty jsem na ratiště lepil vteřinovým lepidlem a zajišťoval hedvábnou lepící páskou.

Celkem bylo pro účel experimentu vyrobeno 40 funkčních šipek a 25 ratišť. Šipky byly rozděleny do dvou skupin, a proto nebylo nutné vyrábět 40 ratišť, neboť šipky byly testovány postupně. Na ratiště tedy byly uchyceny postupně po skupinách. Tím se pravděpodobně částečně omezil vliv ratišť, jako faktor zavádějící sice chybu, nicméně systematickou. Ratišť bylo vyrobeno více, pro případ poškození a nutnosti výměny, což se i reálně stávalo.

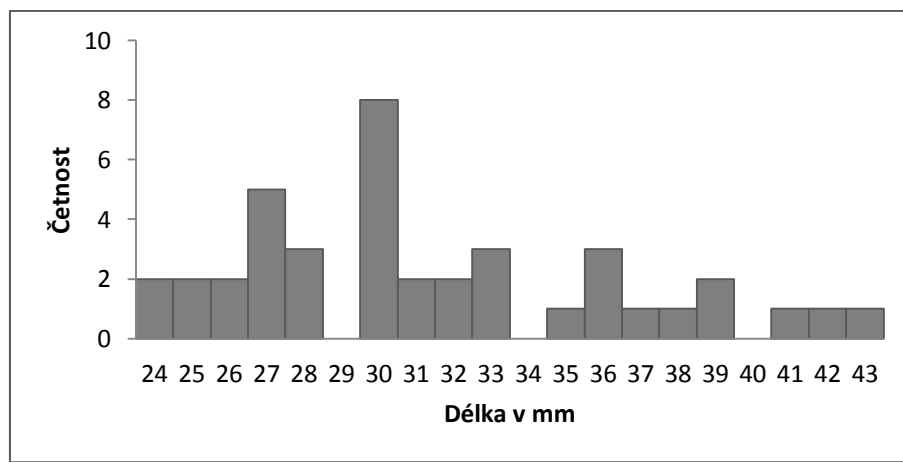
## **4.2 Materiál**

### **4.2.1 Variabilita šipek**

Pro účel experimentu bylo vyrobeno 40 šipek. U každé byly zaznamenány metrické rozměry a morfologické charakteristiky, tedy proměnné: délka maximální, délka minimální, diagonální délka levé strany, diagonální délka pravé strany, šířka maximální, šířka baze, tloušťka v 1/3, tloušťka v 2/3, úhel hrotu, asymetričnost, tvar levé strany,

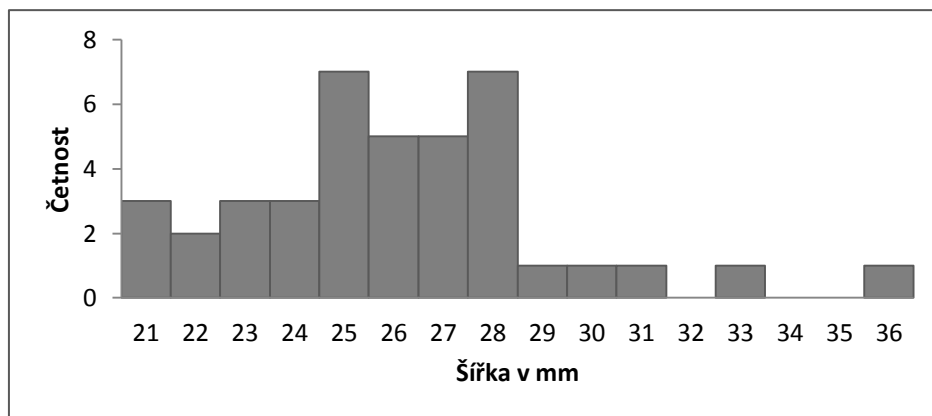
tvár pravé strany, tvar baze, délko/stranový index. Více proměnných jsem pro kontrolní účely experimentu nepovažoval za podstatné.

U některých proměnných bylo v souboru ( $n = 40$ ) porušeno normální rozdělení, to pravděpodobně způsobovaly odlehlé hodnoty. Proměnné, kde by toto mohlo nějak ovlivnit výsledky experimentu, jsem se rozhodl selektovat (viz níže). Tím se soubor zmenšil ( $n = 36$ ). Dále uvádím vlastnosti souboru.



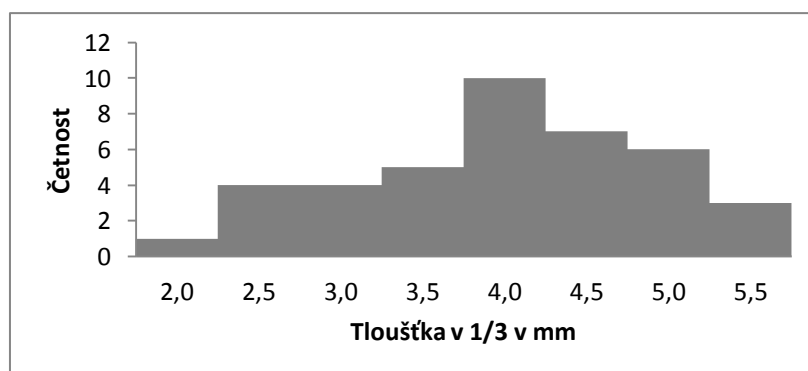
**Graf 1: Absolutní četnosti délky.**

Průměrnou hodnotou délky maximální je 31,4 mm. Mediání hodnota je 30 mm. Z grafu (Graf 1) absolutní četnosti ( $n = 40$ ) je patrné ne zcela normální rozdělení, což potvrzuje i výsledek Shapiro-Wilkova testu ( $p = 0,04$ ). Po vyselektování (viz níže) největších šipek zůstal medián stejný, ovšem průměrná délka se změnila na 30,7 mm. Minimální hodnota je 24 mm, maximální 41 mm, směrodatná odchylka  $SD = 4,4$  mm. Shapiro-Wilkův test již nabyl přiměřené hodnoty ( $p = 0,16$ ).



**Graf 2: Absolutní četnosti šířky.**

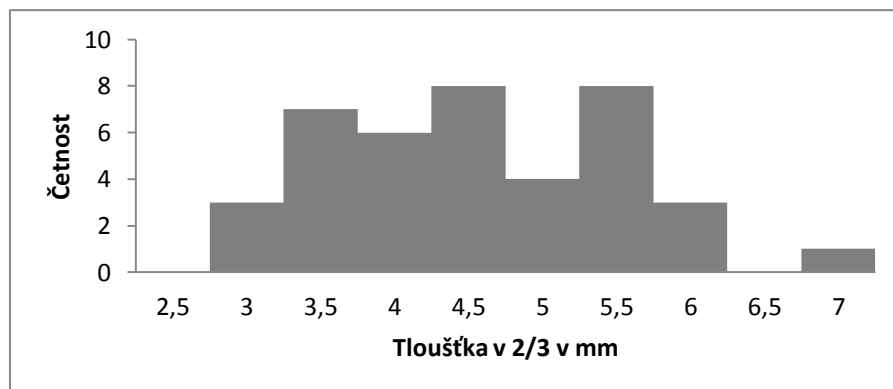
Průměrnou hodnotou šířky ( $n = 40$ ) je cca 26 mm, stejnou hodnotu nabývá i medián. Odlehlá hodnota (Graf 2) opět ovlivnila Shapiro-Wilkův test ( $p = 0,04$ ). Po jejich odstranění ( $n = 36$ ; S-W test  $p = 0,15$ ) medián zůstal nezměněn, průměrná šířka klesla na 25,6 mm. Minimální hodnota je 21 mm, maximální 31 mm, se směrodatnou odchylkou  $SD = 2,4$  mm.



**Graf 3: Absolutní četnosti tloušťky v 1/3.**

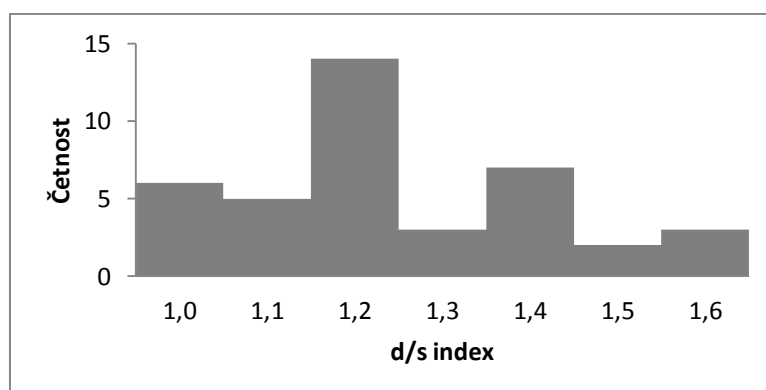
Tloušťka v 1/3 těla šipky (bráno od špičky) prošla Shapiro-Wilkovým testem bez problémů ( $p = 0,39$ ) (Graf 3). Zmenšení souboru se samozřejmě dotklo i jí, ovšem nijak výrazně ( $p = 0,34$ ). Průměrná tloušťka v 1/3 ( $n = 36$ ) je 3,7 mm, stejně tak hodnota mediánní.





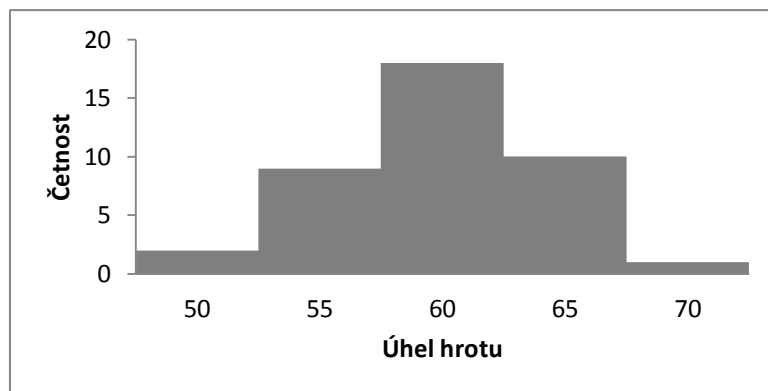
**Graf 4: Absolutní četnosti tloušťky v 2/3.**

Tloušťka v 2/3 těla šipky prošla Shapiro-Wilkovým testem taktéž bez problémů ( $p = 0,43$ ) (Graf 4). Zmenšení souboru u této proměnné nezměnilo ani průměr (4,3 mm), ani medián (4,4 mm). Pro většinu statistické práce se souborem byly tloušťky sloučeny v průměrnou, jenž nabývá hodnot od 2,8 mm po 5,5 mm s mediánem 4,1 mm a směrodatnou odchylkou  $SD = 0,7$  mm.



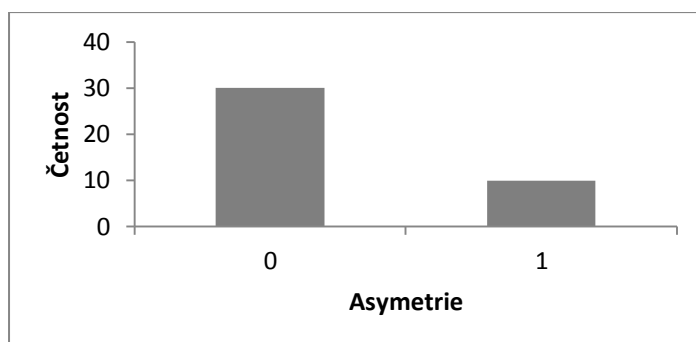
**Graf 5: Absolutní četnosti délko/stranového indexu.**

Rozložení délko/stranového indexu není ideální ani v původním ani ve zmenšeném souboru ( $p = 0,06$  v obou) (Graf 5). Této skutečnosti jsem si vědom, její náprava však již nebyla v mých silách. Hodnoty se pohybují v rozmezí 0,96 – 6,6 s mediánem 1,2 a směrodatnou odchylkou  $SD = 0,16$ .



**Graf 6: Absolutní četnosti úhlu hrotu v kategoriích po 5°.**

Úhel hrotu má ideální rozdělení (Graf 6). Toto rozdělení také říká něco o mě jako tvůrci souboru a mé percepci hrotů. Úhel špice šipky pro mne byl zjevně kognitivně důležitější než různost rozměrů a tvarů. Tento úhel 60° je pro mne pravděpodobně symbolem lukostřeleckého projektilu, který jsem se pokoušel do hrotů vtělit.



**Graf 7: Absolutní četnosti symetrických (0) a asymetrických (1) šipek.**

Převážně se mi podařilo vyštípat projektily symetrické (Graf 7). Ve čtyřech vyřazených byly dvě a dvě. Symetrie je ovšem velmi specifická. Zde je například posuzována jako shodná diagonální délka levé a pravé strany, tedy metricky a velmi jednoduše. Při subjektivním hodnocení, kde by byl zohledněn tento rozměr, tvar stran, tvar křidélek, tvar baze, a případně rozdílná tloušťka stran, atd. by byl výsledný poměr pravděpodobně opačný.

Výše uvádím vyloučení čtyř šipek ze souboru. Tyto konkrétní šipky byly vybrány ze dvou důvodů. Buď působily jako osamocená výrazně

odlehlá hodnota nebo více jejich vlastností bylo na hranicích variability. Volba těchto čtyř tedy byla částečně subjektivní. Zohledňoval jsem především vnitřní konzistentnost souboru (faktor, který šipky vylučoval) ale i velikost souboru (faktor, který chtěl šipky ponechat). Tyto vyloučené šipky (tedy moc robustní, nebo gracilní) byly zařazeny k šipkám poškozeným během výroby jako kontrolní soubor.

Pro účel experimentu byl tedy z materiálu vyselektován soubor 36 triangulárních pazourkových šipek. Průměrná šipka je symetrická, rovnostranná, dlouhá 31 mm, široká 26 mm, od špice se její tloušťka zvětšuje (z 3,7 mm v 1/3 na 4,3 mm v 2/3), a samotná špice projektilu má vrcholový úhel 60°.

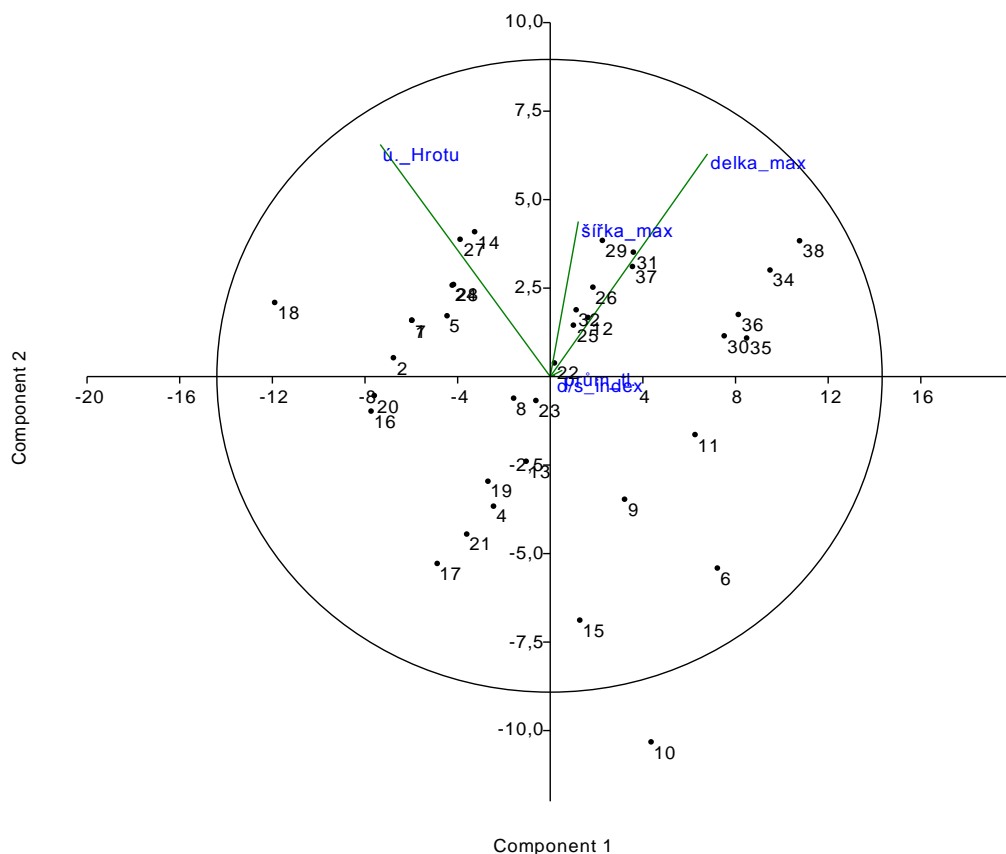
#### **4.2.2 Rozřazení šipek**

Šipky bylo potřeba před experimentem rozdělit do dvou skupin. Pro zajištění relevantnosti výsledků bylo nutné, aby si skupiny byly co nejpodobnější. Jak je zřejmé z kapitoly 2.4.1, zvažovaných faktorů je mnoho. Jak tedy zajistit, aby si skupiny byly co nejpodobnější v co nejvíce faktorech?

Prvním řešením bylo náhodné rozdělení programem Microsoft Excel 2007 funkcí RANDBETWEEN do dvou skupin. Toto se neukázalo jako vhodné, neboť funkce nepřihlíží k podobnosti výsledných skupin, ale pouze náhodně rozhazuje jednotky do nadefinovaného počtu skupin.

V druhém pokusu jsem se pokusil šipky seřadit od nejgracilnější po nejrobustnější a následně rozdělit. Kontrola dvouvýběrovým t-testem s nepárovým uspořádáním opět odhalila neudržitelnost tohoto řešení. V pěti sledovaných faktorech byly p hodnoty testu následující: délka 0,33; šířka 0,44; objem (vypočítaný jako (délka x šířka)/2 x tloušťka) 0,11; d/s index 0,54 a úhel hrotu 0,77. Průměrné kompozitní skóre p hodnoty tedy činí 0,41, což značí ani ne poloviční překryv skupin.

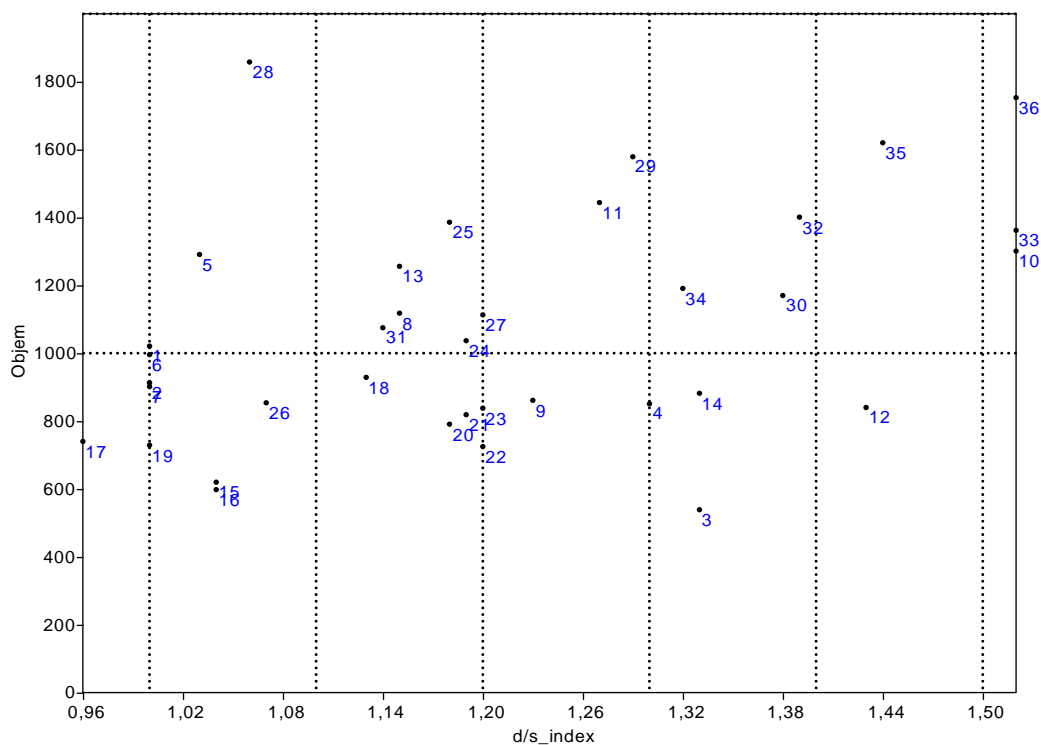
Dalším řešením byl pokus s analýzou hlavních komponent v programu Past. Do analýzy byla zahrnuta délka, šířka, průměrná tloušťka, úhel hrotu a d/s index. První osa na sebe navázala 65 % a druhá 25 % variability. Poté byly v grafickém 2D průmětu (Graf 8) subjektivně vždy dva nejbližší sousedi rozděleni do opačných skupin. Kontrola dvouvýběrovým t-testem s nepárovým uspořádáním ukázala tyto p hodnoty: délka 0,27; šířka 0,41; d/s index 0,26; objem 0,71; úhel hrotu 0,58. Kompozitní skóre p hodnot zde tedy činí 0,52, to jsem stále nepovažoval za uspokojující.



**Graf 8: Průmět pěti vybraných vlastností šipek v PCA.**

Jako nejlepší řešení se nakonec ukázal průmět objemu a tvaru do lineárního modelu (Graf 9) s následným subjektivním roztříděním nejbližších sousedů. Kontrola dvouvýběrovým t-testem s nepárovým

uspořádáním ukázala tyto p hodnoty: délka 0,48; šířka 0,35; objem 0,70; d/s index 0,86 a úhel hrotu 0,40. Kompozitní p hodnota tedy činí 0,63. Lepšího rozdělení se do dvou co nejpodobnějších skupin se mi bohužel dosáhnout nepodařilo.



**Graf 9: Graf pro objem a d/s index šipek.**

Vznikly tedy dvě skupiny po 18 šipekách (Obrázky 9 a 10) a 9 šipek kontrolních, plus mnoho nedopracovaných. Skupiny nejsou zcela zaměnitelné (Tabulka 1 a 2), ale jejich překryv je přesvědčivě nadpoloviční. V rámci dalších analýz jsem se rozhodl rozdíly přehlížet.



**Obrázek 9: Soubor šipek pro simulaci boje.**

**Tabulka 1: Tabulka metrických vlastností šipek pro simulaci boje.**

Šipka	Délka (mm)	Šířka (mm)	Prům. tl. (mm)	Objem (mm <sup>3</sup> )	d/s index	Úhel hrotu (°)	Asymetrie
1	27	27	4,2	1021	1,00	65	0
4	28	21	2,8	539	1,33	60	0
6	30	29	4,5	1291	1,03	50	0
8	28	28	3,5	902	1,00	60	0
11	35	23	4,9	1301	1,52	55	0
12	33	26	5,1	1444	1,27	60	0
14	31	27	4,5	1256	1,15	65	1
17	24	23	3,3	598	1,04	60	0
19	27	24	4,3	929	1,13	60	0
20	25	25	3,5	729	1,00	65	0
23	30	25	2,9	725	1,20	60	0
24	30	25	3,4	838	1,20	65	0
25	32	27	3,6	1037	1,19	60	0
31	36	26	3,8	1170	1,38	60	1
32	32	28	3,6	1075	1,14	60	0
34	39	28	3,9	1401	1,39	55	1
36	37	28	3,5	1191	1,32	55	1
38	41	27	4,8	1753	1,52	55	0
Průměr	31,39	25,94	3,86	1066,61	1,21	59,44	0,22

**Tabulka 2: Tabulka metrických vlastností šipek pro rituální válečnictví.**

Šipka	Délka (mm)	Šířka (mm)	Prům. tl. (mm)	Objem (mm <sup>3</sup> )	d/s index	Úhel hrotu (°)	Asymetrie
2	26	26	4,1	913	1,00	65	0
5	30	23	3,7	851	1,30	65	0
7	27	27	4,1	996	1,00	65	1
9	30	26	4,3	1118	1,15	55	0
10	27	22	4,4	861	1,23	50	0
13	30	21	4,0	840	1,43	60	0
15	28	21	4,5	882	1,33	55	1
16	25	24	3,1	620	1,04	65	0
18	24	25	3,7	740	0,96	70	0
21	26	22	4,2	791	1,18	60	0
22	31	26	3,1	819	1,19	60	0
26	33	28	4,5	1386	1,18	60	0
27	30	28	3,1	854	1,07	65	0
28	30	25	4,5	1113	1,20	65	1
29	33	31	5,5	1858	1,06	60	0
30	36	28	4,7	1579	1,29	55	0
35	38	25	4,3	1362	1,52	55	1
37	36	25	5,4	1620	1,44	60	0
Průměr	30,00	25,17	4,09	1067	1,20	60,56	0,22



Obrázek 10: Soubor šipek pro simulaci rituálního válečnictví.

### 4.3 Hypotézy

Primární výzkumnou otázkou této práce je, zdali se v případě pravěké lukostřelby nachází nějaký vztah mezi lidskou činností a specifickými stopami, jenž po sobě tato aktivita na předmětech zanechá. Konkrétně se jedná o to, zdali budou různé druhy lukostřelby na pazourkových hrotech zanechávat od sebe rozlišitelné stopy užívání a zdali jsme vůbec schopni rozlišit šipky užívané od neužívaných. Toto jsem se rozhodl ověřit pomocí experimentu.

Předpokladem je, že bojová situace, tedy střelba na relativní blízkost s jistotou zasažení cíle, bude ve větší míře vykazovat stopy indikativní pro funkci projektilu (viz výše). Předpoklad vychází z větší dopadové energie projektilu. Ten zasáhne buď měkké tkáně, což v krátkodobém měřítku nezanechá téměř žádné stopy, nebo kost. Kost je relativně měkkčí než pazourek, ale často robustnější, což vede k rozvoji fraktury. Pokud se část pazourku odlomí, okolní měkké tkáně úštěpům nedovolí se vzdálit, a tak další pohyb šipky vede k lineárnímu poškrábání těla projektilu těmito úštěpy. Tyto stopy by se tedy měly vyskytovat pouze pod oblastí lomu. V rámci traseologie nejsme schopni rozlišit boj od lovu, neboť v obou situacích dochází ke kontaktu stejných materiálů, za stejné situace. V rámci experimentu se jedná o výhodu, neboť cílem může být libovolný živočich tělesnou stavbou podobný člověku. Experimentální výhodou je také pravděpodobná neexistence speciálních ochranných prostředků u KZP. Tyto úvahy vedou k formování první hypotézy:

1. Střelba do těla savce (simulace boje) se bude projevovat *step a hinge* frakturami s lineárními rýhami pod oblastí lomu.

Druhým předpokladem je, že válečnictví rituální a tedy střelba na maximální vzdálenost do země bez aspirace na zasáhnutí nějakého organického cíle, bude ve svém výsledku produkovat stopy méně indikativní pro funkci projektilu (viz výše). Úvaha vychází důvodu menší dopadové energie projektilu a odlišné struktury cíle. Pokud šíp spotřebuje všechnu svou energii na vystoupání vzhůru, jeho dopadová energie se rovná součtu váhy a gravitačního zrychlení mínus aerodynamický odpor. Jelikož ovšem střílíme do dálky a ne výšky, tato energie by měla být řádově menší, než v případě střelby na cíl z blízka. Struktura, respektive tvrdost cíle (v tomto případě země), je zde rozhodující. Náráz do kamene bude pro hrot jistě fatální. Konkrétní způsob realizace sil bude závislý na velikosti energie soustavy, úhlu dopadu (Lovita et al. 2014) a v neposlední řadě tvrdosti cíle. Mým předpokladem je, že šíp bude mít stabilní dráhu a relativně malou energii, kterou dokáže pohltit svrchní vrstva zeminy s kořenovými systémy. Obsah tvrdých částí (písku, či šterku) v zemině by měl způsobit rozvoj lineárních lesků a rýh po celém těle šipky. Pokud se na povrchu vyskytne kámen, pravděpodobně stejně tvrdý jak pazourek, mělo by být výsledkem drcení pazourku, či laterální fraktura. Tyto úvahy vedou k formování druhé hypotézy:

2. Střelba do dálky (simulace rituální střelby) se bude projevovat laterálními frakturami a drcením s lineárními rýhami po celém těle šipky.

Podotázkou výzkumu je, zdali můžeme, bez přihlédnutí k frakturám a lineárním rýhám, rozlišit šipky užívané od neužívaných. To by mělo být možné pomocí *haftingu* – stop po uchycení (viz výše). V nedokonalém spoji projektilu s ratištěm mohou, a vzniknou praskliny, které umožní menší či větší vzájemný pohyb. Tento pohyb může způsobovat drobné



odštěpky na hraně baze šipky či křídélkách. Extrémním příkladem je tak náraz, který způsobí úplné uvolnění šipky, ale ratiště má ještě dostatečnou kinetickou energii k pohybu vpřed, a tak občas dojde k jeho rozštípnutí o projektil, který již nemá kam dál pokračovat. V tomto případě můžeme čekat oleštění baze či drobné rýhy (pokud v lepidle byly tvrdé části). Tedy nechtěné příměsi, či zmiňované odštěpky. Tato úvaha vede k formování třetí hypotézy:

3. Šipky s vyšším počtem výstřelů budou vykazovat větší rozvoj lesků na bazi.

#### **4.4 Střelby**

Pro účel testování výše uvedených hypotéz bylo zhotoveno 36 šípů. Pro střelbu byl vybrán dřevěný třicetiliberní dlouhý luk. Tento je slabší než luky eneolitické. Pro simulaci rituální střelby tuto skutečnost nepovažuji za nikterak významnou, neboť v dráze letu dopadovou energii podmiňuje především váha šípů a maximální výška, ze které šíp klesá. Menší síla luku se zde jeví jako výhoda, neboť zmenšuje dostřel a tedy čas nutný k překonání této vzdálenosti po každé sadě. Pro simulaci boje/lovu byla nízká síla luku kompenzována zmenšením vzdálenosti na 7 respektive 5 metrů od cíle.

Každý výstřel byl zaznamenán do tabulky jako: bez následků; upadlý hrot; vyhnutá šipka (z osy šípů, nicméně držící); rozštípnuté ratiště; poškozený hrot nevýznamně (se záznamem poškozené části: například u křídélka nebo hrany); poškozený hrot významně (tedy fraktura hrotu, jež by před další střelbou vyžadovala opravu retušováním a tedy vyřazení); ztracena. Do jedné kolonky samozřejmě byly zaznamenány i kombinace možností.

Jako kritérium pro vyřazení šípů z dalšího užívání, bylo stanoveno vážnější poškození hrotu vyžadující jeho opravu retušováním. Konkrétně

pak jeho špičky. Drobné a sotva viditelné poškození (například křídélka) nebylo bráno jako důvod k vyřazení projektilu z experimentu. Tímto systémem jsem tedy primárně sledoval makrofraktury hrotu. Mikroskopické stopy užívání nebylo možno v terénu posoudit, a tedy nebyly brány jako hodnotící kritérium.

Střelby v rámci simulace rituálního válečnictví probíhaly v 8 dnech mezi 17. 12. 2014 a 6. 1. 2015 na třech lokalitách: louka u Těškova u Rokycan (Obrázek 11), záplavová louka na severním okraji města Plzně a louky u obce Dolní Chrášťany u Netolic. Lokality byly vybírány tak, aby nemohlo dojít k ohrožení dalších osob a majetku. Zároveň bylo potřeba, aby na lokalitách nebyl příliš velký porost, neb by to nepřiměřeně ztěžovalo hledání šípů a šípek. Také jsem se snažil vybírat lokality, které v minulosti nebyly zastavěné nebo nesloužily jako veřejné skládky, což by mělo za následek případnou záměnu stop užívání díky kontaktu s jinými materiály.



**Obrázek 11: Louka pro simulaci rituální střelby.**

Šípy byly stříleny po dvou sadách, tedy 9 a 9. Střílena byla vždy celá sada na maximální vzdálenost, tedy cca 80 – 100 metrů. Tím se ušetřil čas oproti střelbě po jednotlivých šípech. Jelikož na tuto vzdálenost měly šípy relativně velký rozptyl, nehrozilo jejich vzájemné poškození. Pokud se hrot uvolnil od ratiště, nebylo s ním již v daném dni stříleno, ale byl opraven před dalšími střelbami.

Po ukončení střeľeb byly šipky sejmuty a očišřeny (viz výše). Ratišře byla zkrácena a byly vytvořeny nové zářezy pro druhou skupinu šipek, která byla následně nalepena lepidlem na bázi březového dehtu. Nutno poznamenat že ne všechna ratišře byla totožná, neboť některá byla z prvního kola střeľeb zničena. Většinou se jednalo o podélné rozšřípnutí šipkou při dopadu. Tato ratišře sloužila jako rezervní.

Střeľby v rámci simulace boje/lovu proběhly 2.2.2015 na soukromém pozemku v Plzni – Božkově. Jako cíl byla zakoupena pŭlka prasete (*Sus scrofa f. domestica*) o váze cca 40kg (Obrázek 12). Probíhaly postupně po jednom šíp, tedy konkrétní šíp byl dokola používán, dokud nebyl vyhodnocen jako poškozenný. Poté přišel na řadu šíp další. Toto bylo nutné, abych zabránil kolizi šípů, ztrátě projektilu, nebo záměně stop.



Obrázek 12: Cíl pro simulaci boje.

#### 4.5 Zpracování materiálu a dat

Před samotným laboratorním zpracováním bylo potřeba šipky očišřit od hlíny, zbytků tkání a dehtového lepidla. Semenov (1964) artefakty čistil pouze v horké vodě s malou dávkou mýdla. Keeley (1980) a Fisher et al. (1984) ve své práci doporučují čištění v teplé HCl (10 % roztok) pro odstranění vápenatých a minerálních pozůstatků, dále 20 – 30

minutovou koupel v NaOH (20 – 30 % roztok) pro odstranění organických zbytků a ultrazvukové čištění pro odstranění písku, zeminy a jiných nečistot.

Po ukončení střeleb, byly tedy všechny projektily sejmuty z ratišť za pomoci tepla a jemně otřeny od nánosů dehtového lepidla. Jelikož na šípkách nebyly viditelné stopy vápenatých usazenin, přešel jsem k máčení v roztoku NaOH pro odmaštění. Z hrotů bylo nutné sejmut všechny zbytky lepidla. Jelikož jsem neměl k dispozici ultrazvukovou čističku, vyzkoušel jsem řadu rozpouštědel. Jako neúčinnější se ukázal aceton. Šípky byly tedy několikrát koupany v acetonu a čištěny jemným zubním kartáčkem. Před samotným pozorováním byly ještě čištěny technickým lihem. Pak s nimi bylo manipulováno pouze v rukavicích, aby případné otisky prstů a nečistoty nerušily sběr dat.

Pozorování probíhala přes stereoskopické mikroskopy Nikon SMZ 745, Nikon SMZ 1500 a metalografický mikroskop Nikon Eclipse LV150NL. V prvním kole byl prozkoumán celý povrch šípky s pomocí Nikonu SMZ 745 a pořízen orientační náčrt šípky s vyznačením hlavních bodů zájmu. V druhém kole byla vyhodnocena poškození šípky a do náčrtu vyznačeny další stopy užívání. V třetím kole byla šípka detailně prozkoumána pomocí Nikonu SMZ 1500. Poté byl pořízen nový náčrt a nové zhodnocení fraktur. V průběhu mé práce byla laboratoř biologické antropologie vybavena metalografickým mikroskopem Nikon Eclipse LV150NL, který díky polarizačnímu filtru světelného zdroje dokáže velmi detailně zobrazovat povrchy průsvitných a lesklých materiálů. Bylo tedy provedeno další kolo pozorování pod metalografickým mikroskopem, což vedlo k přehodnocení některých stop užívání na projektilích. Fotografie jednotlivých projektilů a jejich stop užívání byly pořízené přes Nikon SMZ 1500 a Nikon Eclipse LV150NL pomocí dvou kamer Nikon DS-Fi2. Práce probíhala v prostředí programu NIS Elements Basic Research verze 4.20.

Získané informace byly přeneseny do programu Microsoft Excel 2007, kde proběhlo zpracování většiny popisných statistických dat. Pro testové statistiky byl použit program PAST. Ve většině případů bohužel důkladné statistické testování nebylo možné kvůli malým četnostem v jednotlivých kategoriích a nezbylo než použít neparametrických testů.

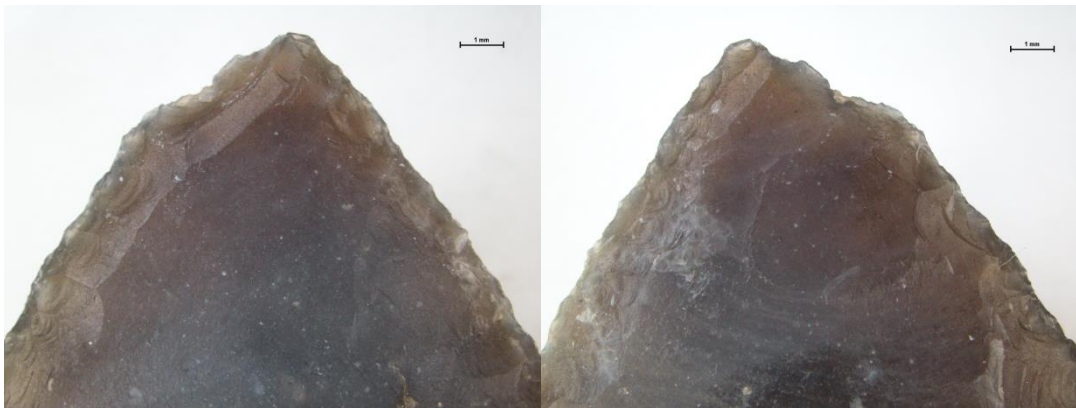
## 5. Výsledky

### 5.1 Popis poškození šipek

#### 5.1.1 Šipky užívané pro simulaci boje

##### 5.1.1.1 Šipka č. 1

Šipka č. 1 byla vystřelena celkem 11x na cíl, z čehož jsem 2x minul a šíp zasáhl zem. Jednou bylo nutné ji přelepit. K poškození došlo při zásahu cíle. Frakturu jsem vyhodnotil jako laterální vzhledem k jejímu stranovému průběhu (Obrázek 13). Z hlediska podélného průběhu lomu se jedná o ohybovou zlomeninu s *feather* zakončením s lehkým drcením ve středu Hertziánského kužele. Oleštění a rýhy pod oblastí lomu (Obrázek 14) jsou velmi pravděpodobně způsobeny odlomenou částí pazourkového projektilu, o níž se šipka otřela, jak pokračovala ve své dráze. Na šipce se nachází po obou stranách podél hran četné lineární rýhy a lesky (Obrázky 15, 16 a 17). Na bazi se nachází drobná oleštění (Obrázek 18).

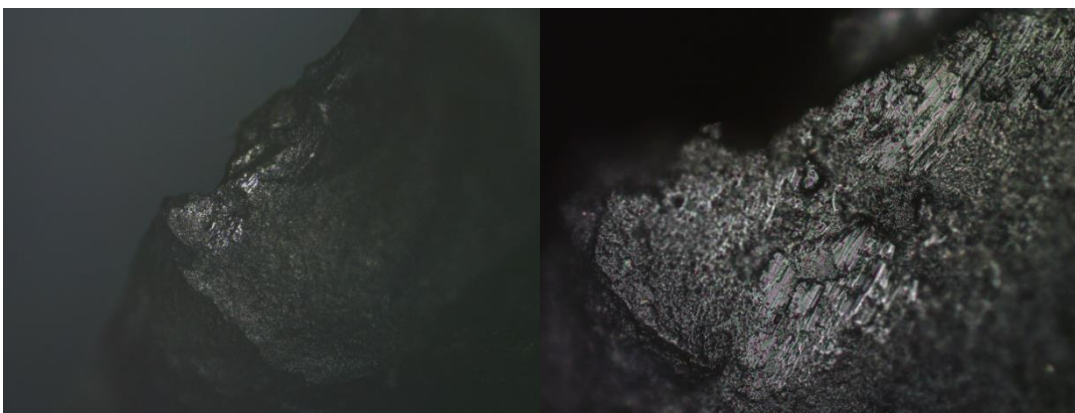


Obrázek 13: Šipka č. 1 ventrálně (vlevo) a dorsálně (vpravo).





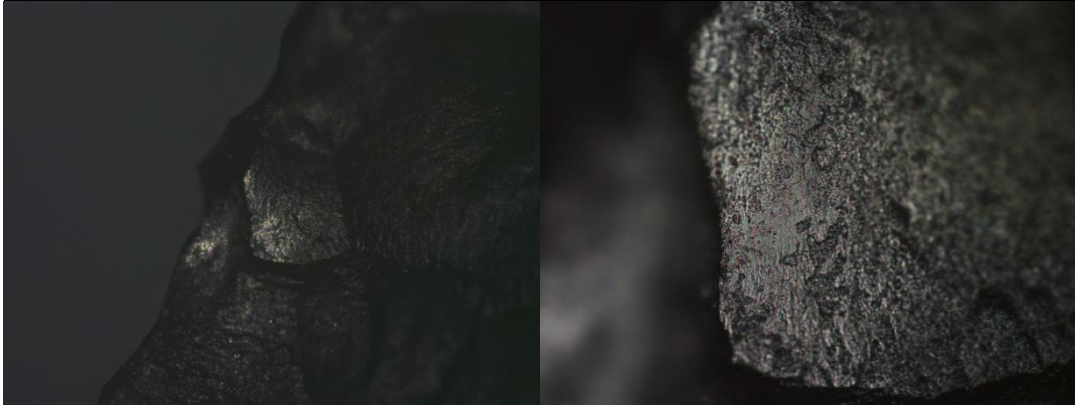
**Obrázek 14: Stopy užívání v podobě lesků a lineárních rýh na šipce č. 1 pod oblastí lomu hrotu (ventrálně).**



**Obrázek 15: Poškození levé ventrální hrany šipky č. 1 a následné stopy v podobě lineárních rýh.**



**Obrázek 16: Stopy užívání v podobě lesku na ploše projektilu poblíž pravé ventrální hrany šipky č. 1.**



**Obrázek 17: Oleštění na levé dorsální hraně šipky č. 1.**

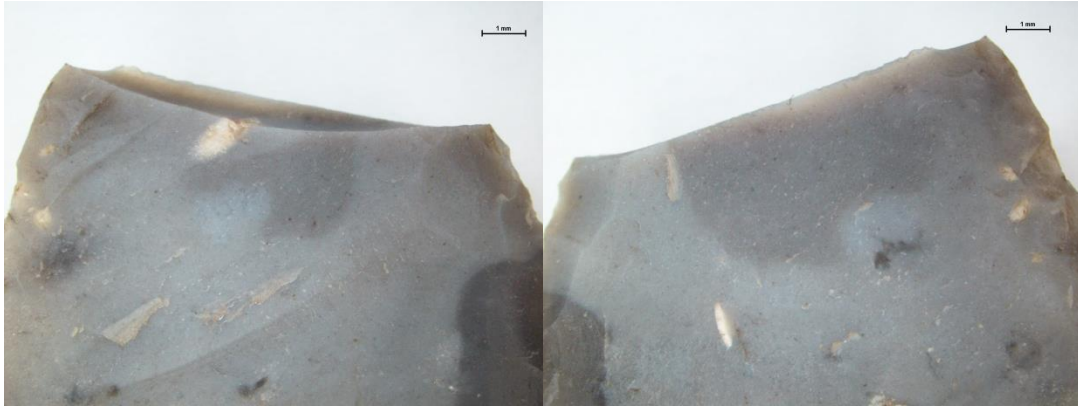


**Obrázek 18: Drobný lesk na topografické vyvýšenině u baze šipky č. 1.**

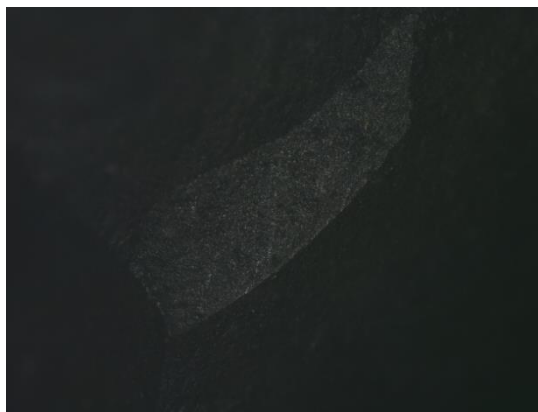
#### **5.1.1.2 Šipka č. 4**

Šipka č. 4 byla vystřelena celkem 4x, z toho cíl zasáhla pouze 2x. K poškození došlo při zásahu dřevěného rámu. Frakturu jsem vyhodnotil jako laterální z hlediska jejího stranového průběhu, vzhledem k podélnému průběhu lomu se jedná o jednoznačný *snap* (Obrázek 19). Na šipce jsem našel pouze několik drobných lineárních lesků (Obrázek 20).





**Obrázek 19: Šipka č. 4 ventrálně (vlevo) a dorsálně (vpravo).**

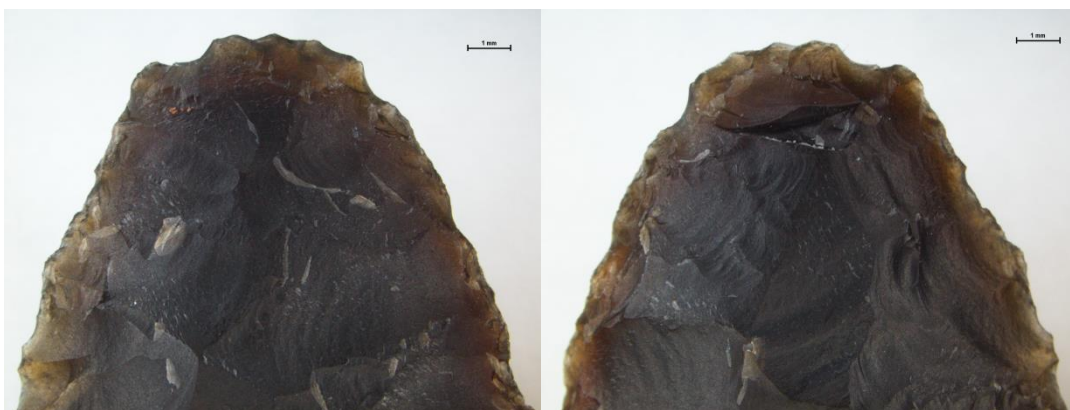


**Obrázek 20: Lineární lesky poblíž levé dorsální hrany šipky č. 4.**

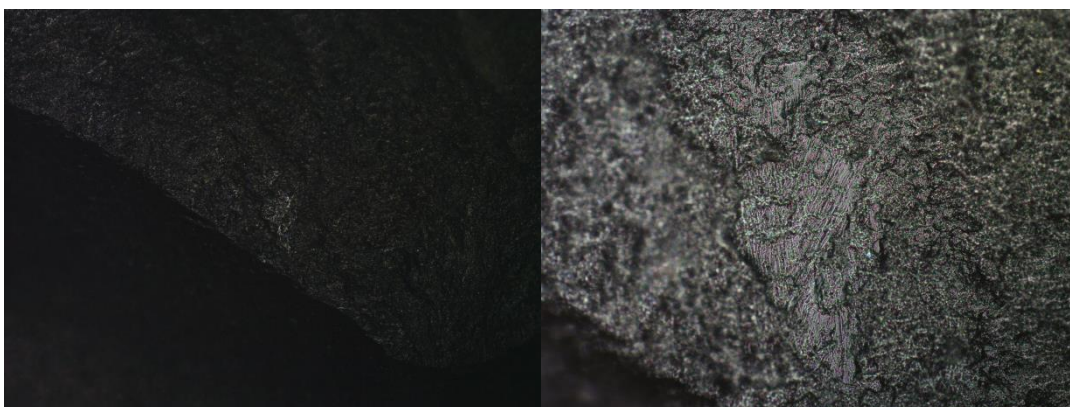
### **5.1.1.3 Šipka č. 6**

Šipka č. 6 byla vystřelena celkem 11x, z toho cíl zasáhla 9x. K poškození došlo při zásahu cíle. Fraktura je dle mého názoru ukázkové drcení (Obrázek 21). Přední část projektilu se roztrhla na více částí, a jak šipka pokračovala ve své trajektorii, o tyto části se otírala. V tomto případě ovšem byla trajektorie malých úštěpů složitější, jak můžeme vidět na obrázku 22, kde se nachází rýhy podélné s osou šipky i šikmé (cca 45 % k podélné ose šipky). Pravděpodobně toto způsobil větší počet fragmentů, jež se od sebe navzájem odrážely. Na těle šipky se nachází drobné lineární lesky a rýhy (Obrázek 23). Na dorsální straně těla u levého křídélka se nachází zajímavé formace (Obrázek 24). Jedná se o lineární i nelineární čáry, tenké i tlusté. Dle mého názoru zde nejde

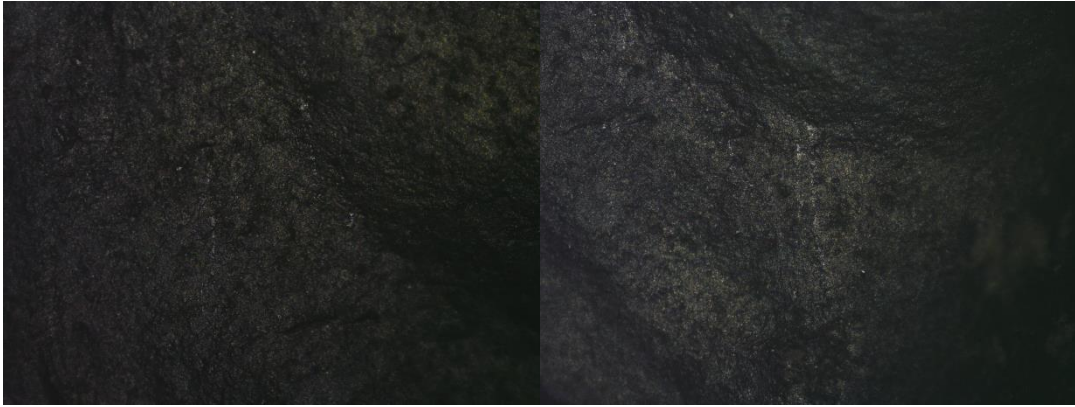
o stopy užívání způsobené při experimentu, ale o strukturní vlastnosti materiálu, jelikož vnitřky těchto výrazných formací nevypadají vyryté ani oleštěné. Jak by ovšem mohly geometrické obrazce vzniknout v amorfním materiálu nezávisle na frakturní mechanice je pro mne záhadou.



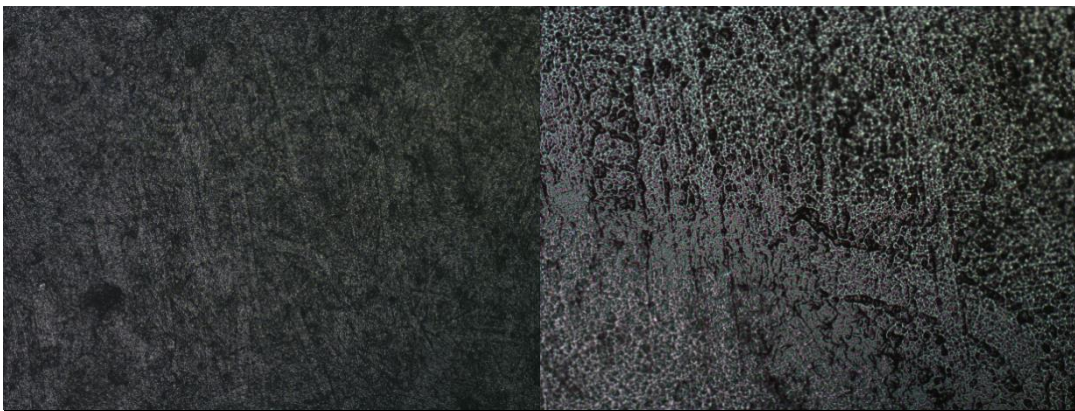
**Obrázek 21: Šipka č. 6 ventrálně (vlevo) a dorsálně (vpravo).**



**Obrázek 22: Lineární rýhy ve dvou směrech pod oblastí lomu na ventrální straně šipky č. 6.**



**Obrázek 23: Dvě různé skupiny lineárních lesků poblíž pravého ventrálního křídélka šipky č. 6.**

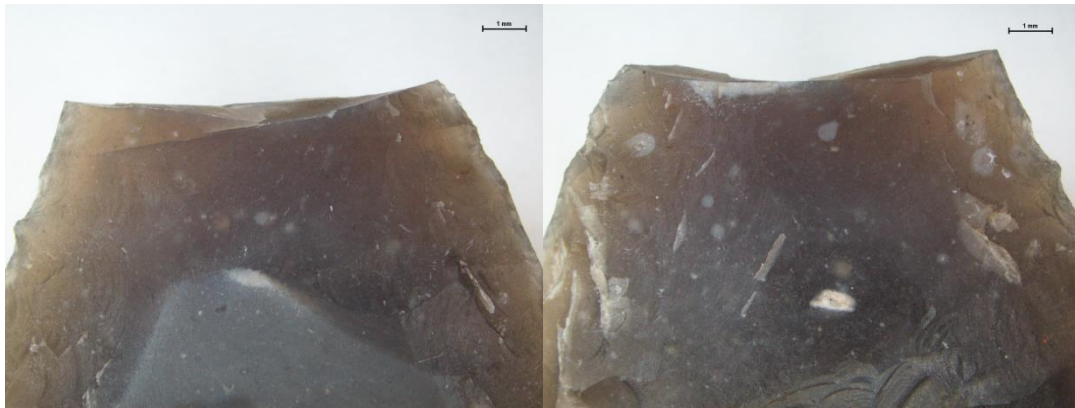


**Obrázek 24: Zajímavá formace na těle projektilu poblíž levého dorsálního křídélka šipky č. 6.**

#### **5.1.1.4 Šipka č. 8**

Šipka č. 8 byla vystřelena pouze 1x. Při zásahu prasete došlo k čistě transversálnímu lomu a frakturu jsem tedy vyhodnotil jako *snap* (Obrázek 25). Na šipce lze pozorovat pouze velmi drobná oleštění kolem oblasti lomu.

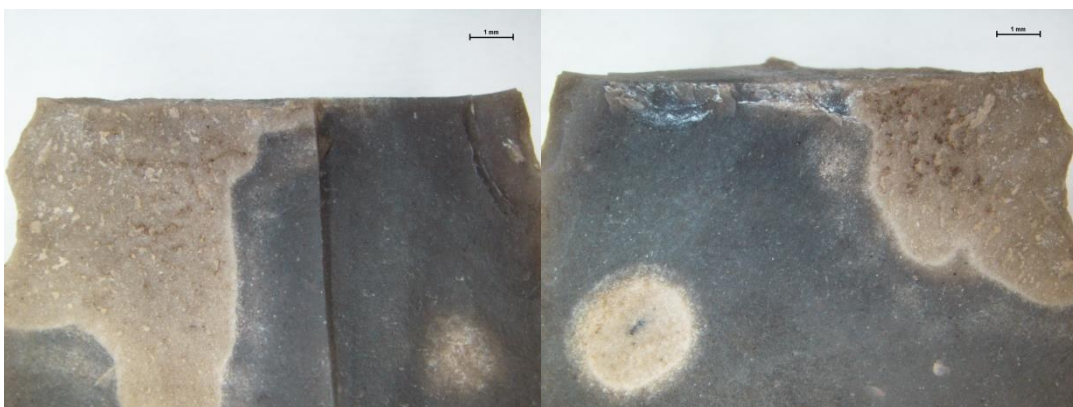




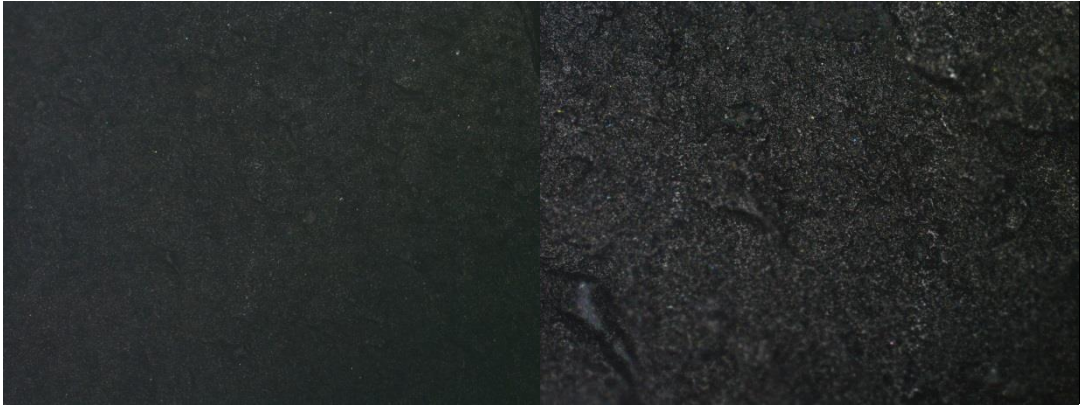
Obrázek 25: Šipka č. 8 ventrálně (vlevo) a dorsálně (vpravo).

#### 5.1.1.5 Šipka č. 11

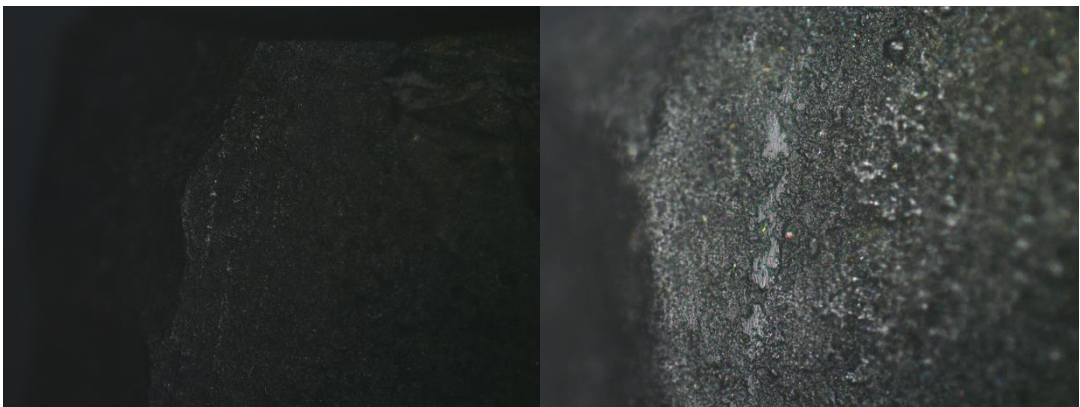
Šipka č. 11 byla vystřelena celkem 11x, z toho cíl zasáhla 8x. Ve zbytku výstřelů jsem minul a šíp letěl do země, jednou proletěl cílem a pokračoval do země. Šipku také bylo nutné 1x přelepit. K poškození došlo při zásahu cíle. Frakturu jsem vyhodnotil jako *snap* (Obrázek 26). Kolem oblasti lomu se nachází četné lineární lesky a pár rýh (Obrázky 27 a 28). Podél hran projektilu se na obou stranách vyskytují drobné lineární i nelineární lesky a rýhy (Obrázky 29 a 30). Na bazi jsou přítomna lehká oleštění (Obrázek 31).



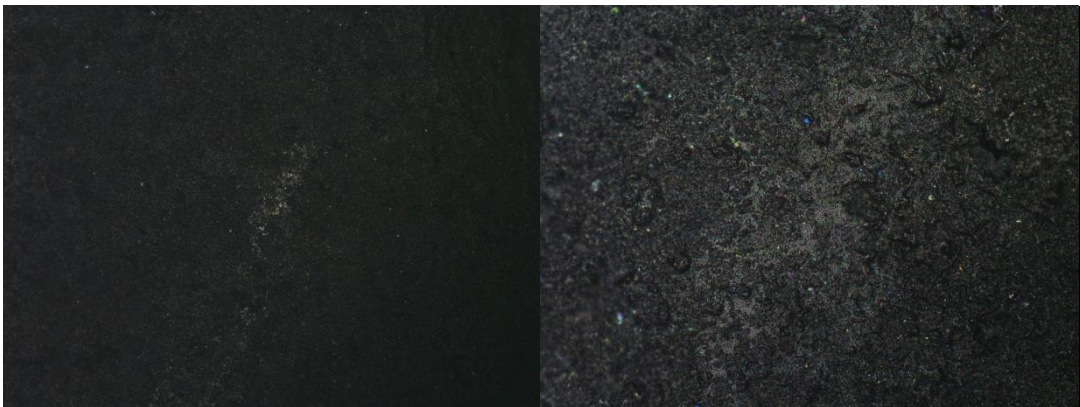
Obrázek 26: Šipka č. 11 ventrálně (vlevo) a dorsálně (vpravo).



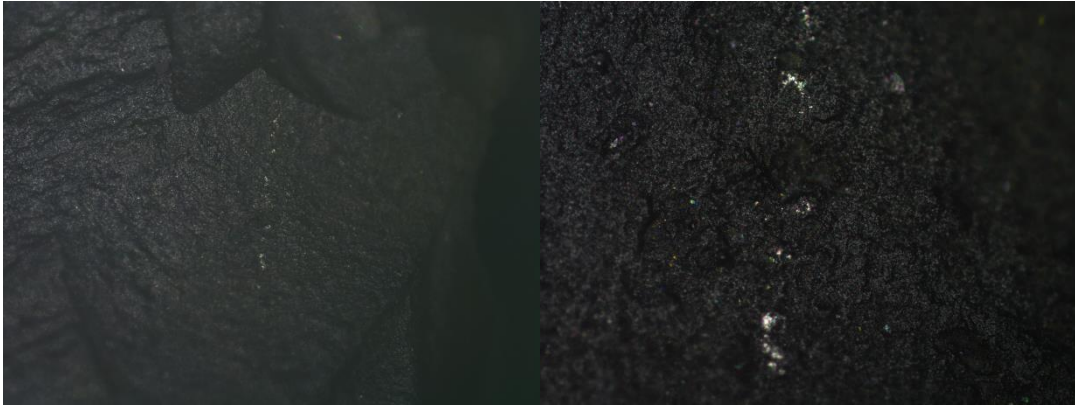
**Obrázek 27: Lineární lesky pod oblastí lomu na ventrální straně šipky č. 11.**



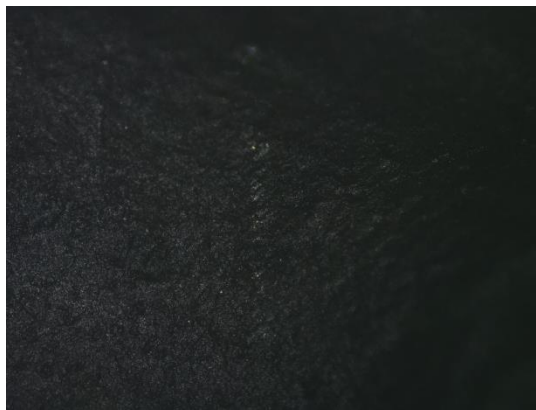
**Obrázek 28: Lineární rýhy pod oblastí lomu na dorsální straně šipky č. 11.**



**Obrázek 29: Nelineární lesk u pravé ventrální hrany šipky č. 11.**



**Obrázek 30: Lineární lesk u pravého dorsálního křídélka šipky č. 11.**

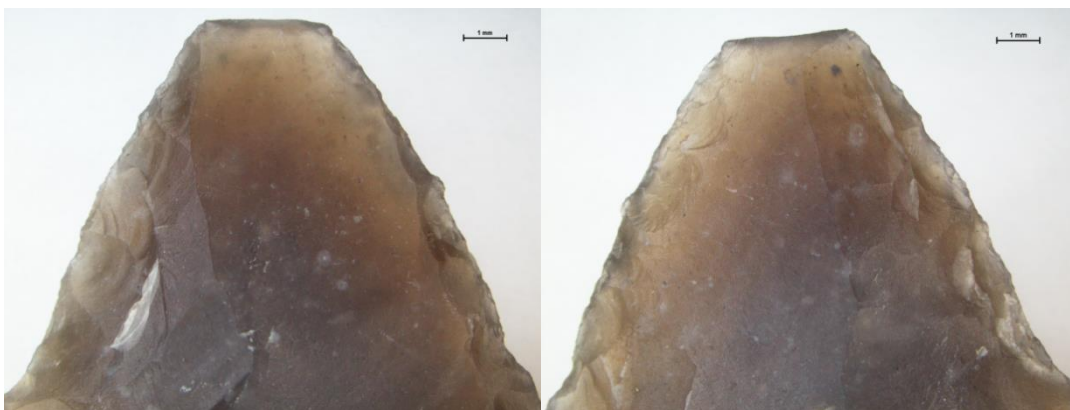


**Obrázek 31: Lineární lesk na bazi šipky č. 11.**

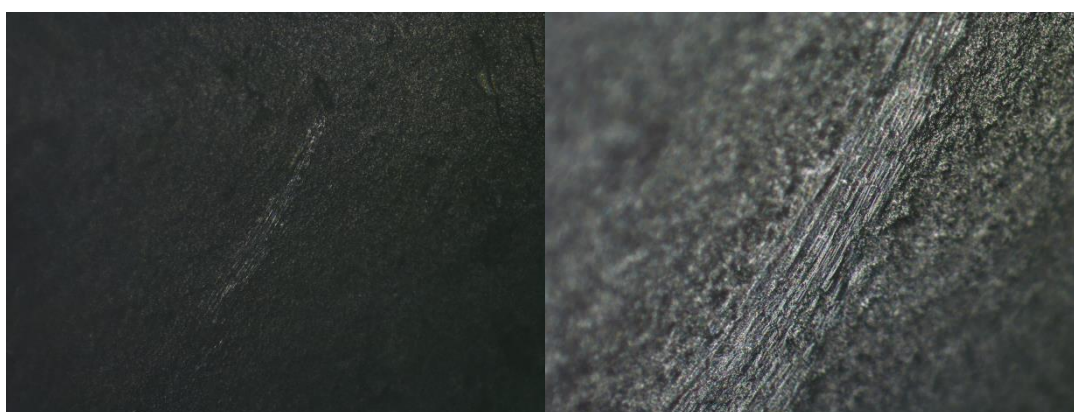
#### **5.1.1.6 Šipka č. 12**

Šipka č. 12 byla vystřelena celkem 38x, z toho 30x zasáhla cíl a 2x ji bylo nutné přelepit. K poškození došlo při zásahu cíle. Frakturu jsem vyhodnotil jako *step* (Obrázek 32) s cca 16 mm dlouhým longitudinálním průběhem na ventrální straně. Uvnitř jizvičky po uštípnutém hrotu se nachází výrazné oleštění a lineární rýhy mimo podélnou osu projektilu (Obrázek 33) způsobené vzájemným třením pazourku. Podél hran šipky jsou drobné lineární lesky a rýhy (Obrázek 34 a 35). Na bazi se vyskytují lehká oleštění.

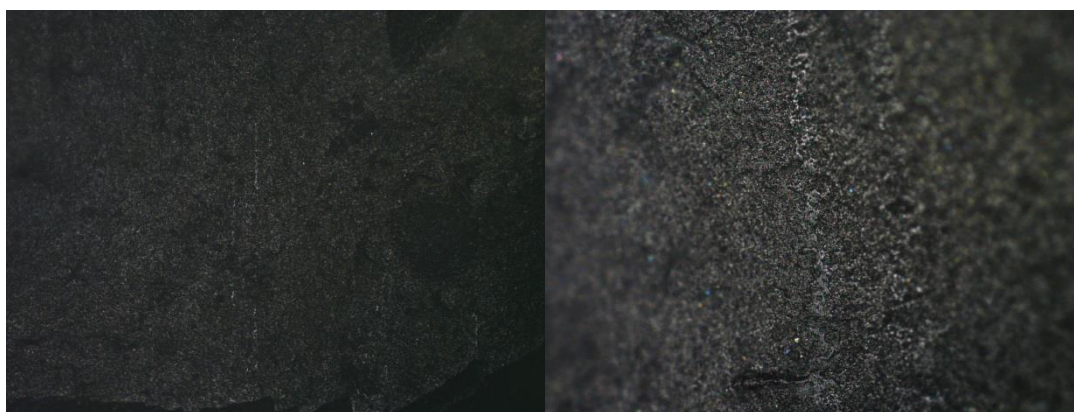




**Obrázek 32: Šipka č. 12 ventrálně (vlevo) a dorsálně (vpravo).**



**Obrázek 33: Lineární rýhy uvnitř jizvy po ústěpu hrotu šipky č. 12.**



**Obrázek 34: Lineární lesky u levé ventrální hrany šipky č. 12.**

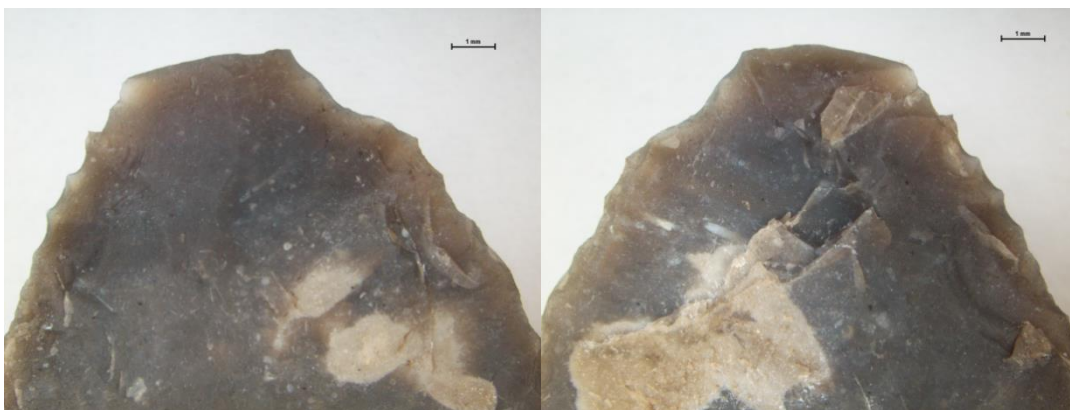


**Obrázek 35: Lineární lesky a rýhy u pravé dorsální hrany šipky č. 12.**

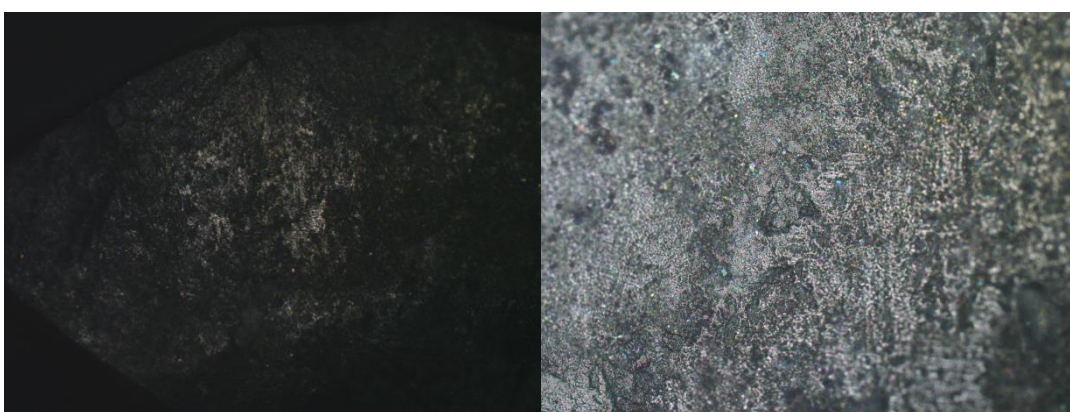
#### **5.1.1.7 Šipka č. 14**

Šipka č. 14 byla vystřelena celkem 4x a z toho 3x zasáhla cíl. K poškození došlo při zásahu cíle. Frakturu jsem vyhodnotil jako laterální vzhledem k jejímu stranovému průběhu (Obrázek 36). Z hlediska jejího podélného průběhu se jedná o *step*. Na obrázcích 37 a 38 můžeme díky zbylým stopám krásně sledovat průběh lomu hrotu. S dopadovou silou došlo k prasklině a následnému tření ploch (Obrázek 37), a tedy vzniklému lesku. Narůstající síla se potřebovala někde uvolnit a to bylo možné buď rozdrčením překážející části, nebo jejím uhnutím. Na té samé ploše tedy můžeme v tomto případě sledovat i výrazné lineární rýhy, jak docházelo k následnému stranovému pohybu (Obrázek 38) a uvolnění sil, které dále vedlo k laterální fraktuře. Vnitřní plochy fraktury vykazují drobná oleštění, která se vyskytují i podél hran projektilu (Obrázek 39). Výraznější rýhy chybí. Drobná oleštění můžeme pozorovat i na bazi šipky (Obrázek 40).

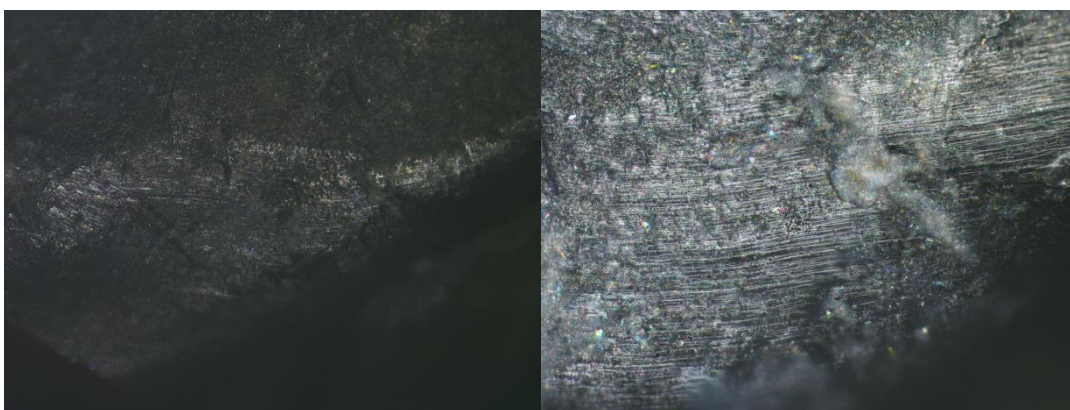




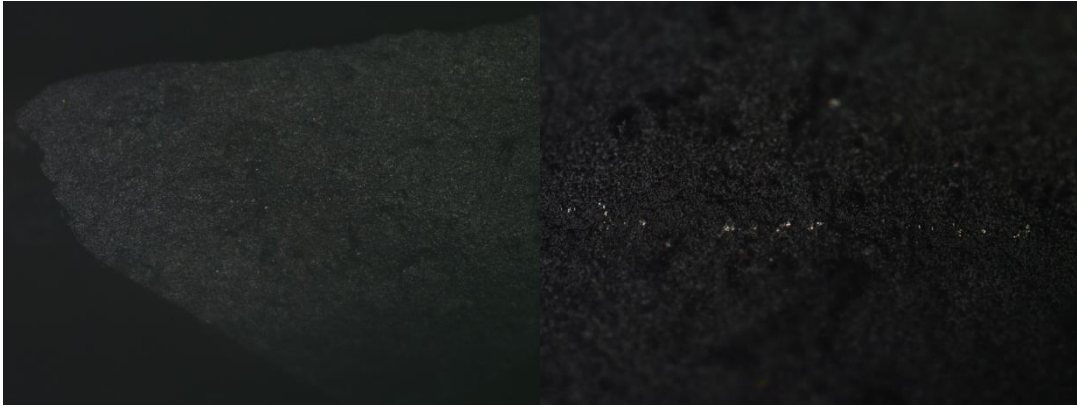
**Obrázek 36: Šipka č. 14 ventrálně (vlevo) a dorsálně (vpravo).**



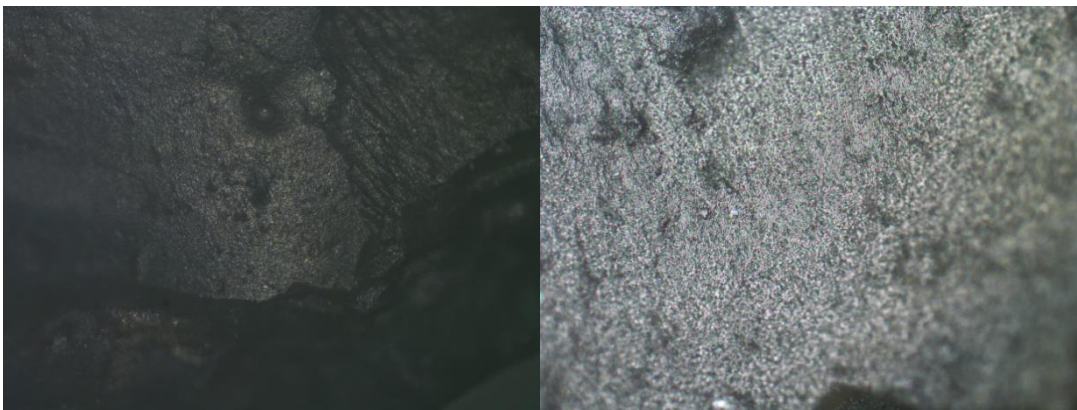
**Obrázek 37: Oleštění v oblasti lomu hrotu na ventrální straně šipky č. 14.**



**Obrázek 38: Lineární rýhy v oblasti lomu hrotu směrem k pravé ventrální straně šipky č. 14.**



**Obrázek 39: Lineární lesk na boku pravého ventrálního křídélka šipky č. 14.**

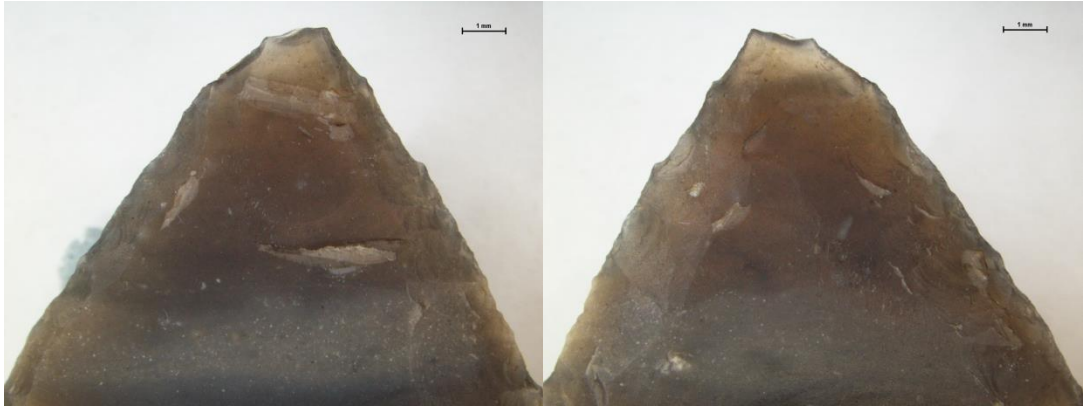


**Obrázek 40: Lesk na bazi šipky č. 14.**

#### **5.1.1.8 Šipka č. 17**

Šipka č. 17 byla vystřelena celkem 8x, z toho 5x zasáhla cíl. K poškození došlo při zásahu páteře. Frakturu jsem vyhodnotil jako *step* (Obrázek 41) probíhající na ventrální straně longitudinálně cca 7 mm ve dvou krocích. Na šipce se vyskytuje z dorsální strany výrazná lineární rýha a to pod oblastí zlomeného hrotu (Obrázek 42). Na obou stranách se pak nachází řada drobných lineárních lesků (Obrázky 43 a 44).

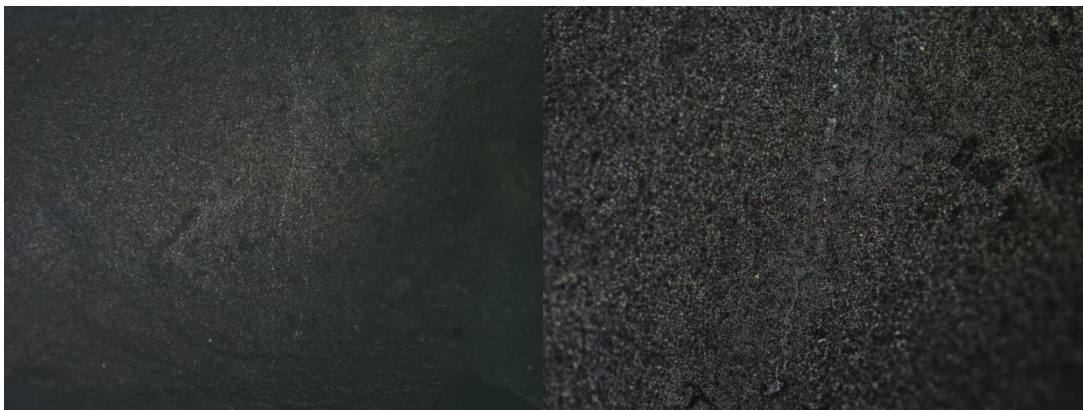




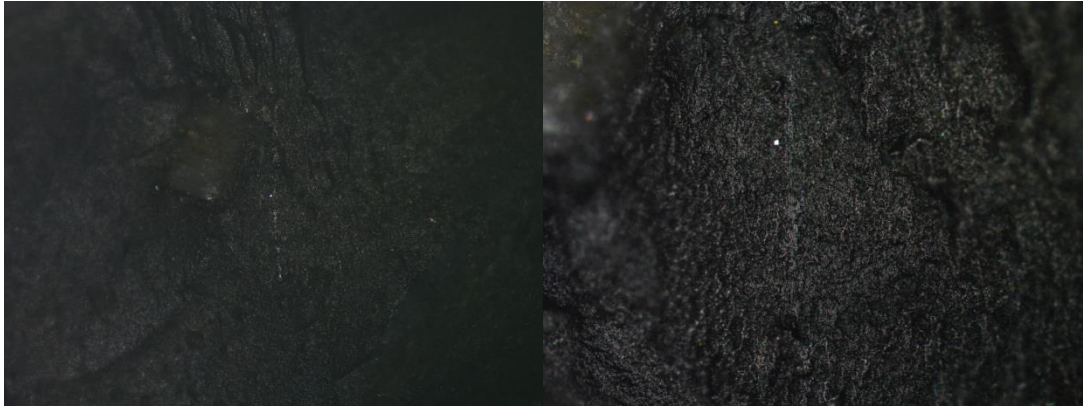
**Obrázek 41: Šipka č. 17 ventrálně (vlevo) a dorsálně (vpravo).**



**Obrázek 42: Lineární rýha na dorsálním těle šipky pod oblastí lomu hrotu šipky č. 17.**



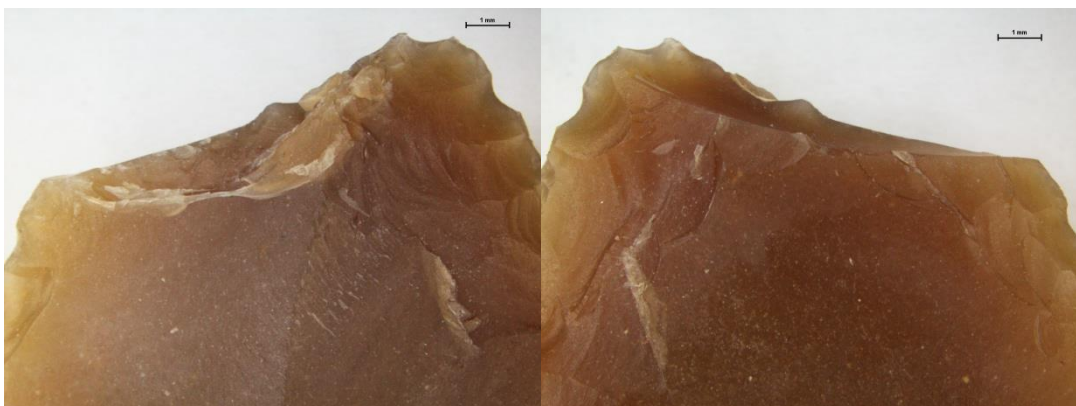
**Obrázek 43: Lineární lesky u pravé hrany nad křídélkem ventrální strany šipky č. 17.**



**Obrázek 44: Lineární lesk na levé dorsální hraně šipky č. 17.**

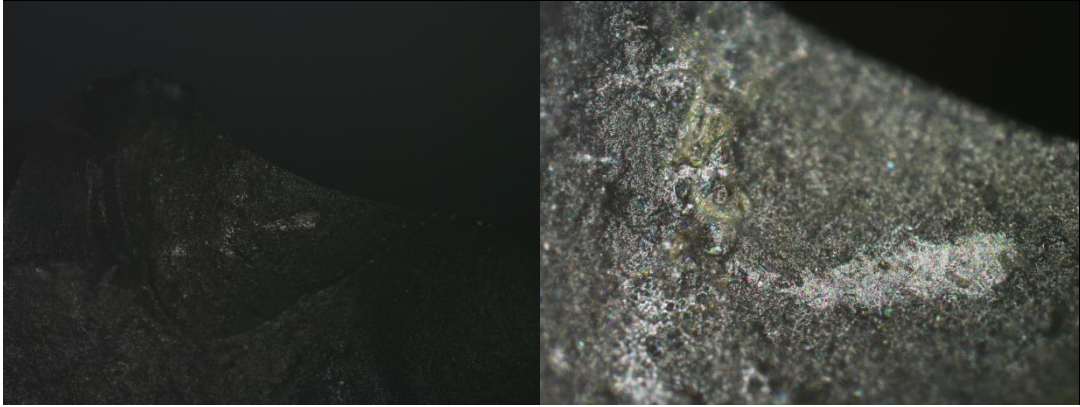
#### **5.1.1.9 Šipka č. 19**

Šipka č. 19 byla vystřelena 13x, z toho 10x cíl zasáhla a 3x minula. K poškození došlo při zásahu cíle. Bylo nutné ji 5x přelepit. Frakturu jsem vyhodnotil jako laterální (Obrázek 45). Z ventrální strany došlo k částečnému drcení, z dorsální je lom čistý a v transversální ose konkávní. Pod oblastí lomu se nachází výrazná oleštění (Obrázek 46). Podél hran a na těle šipky jsou lineární rýhy (Obrázky 47 a 48), velké množství se jich nachází především podél pravé ventrální hrany. Na hranách se také vyskytují drobná oleštění, jakožto i na bazi šipky (Obrázek 49).

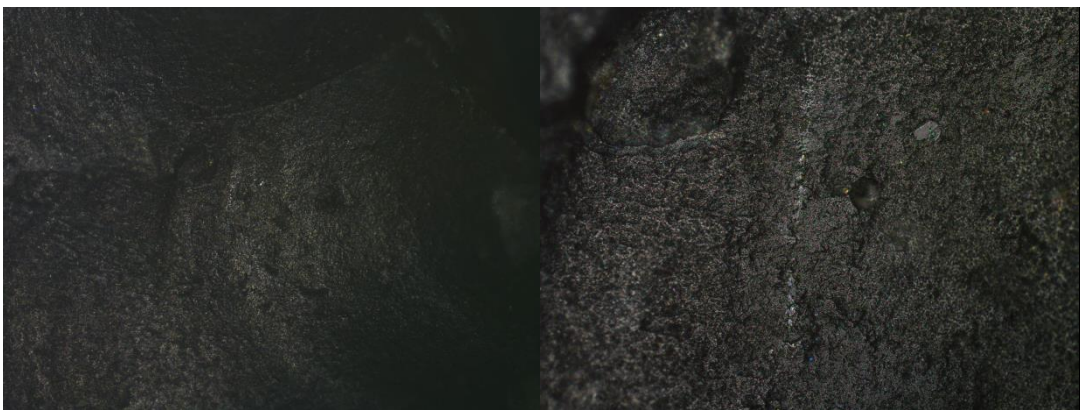


**Obrázek 45: Šipka č. 19 ventrálně (vlevo) a dorsálně (vpravo).**

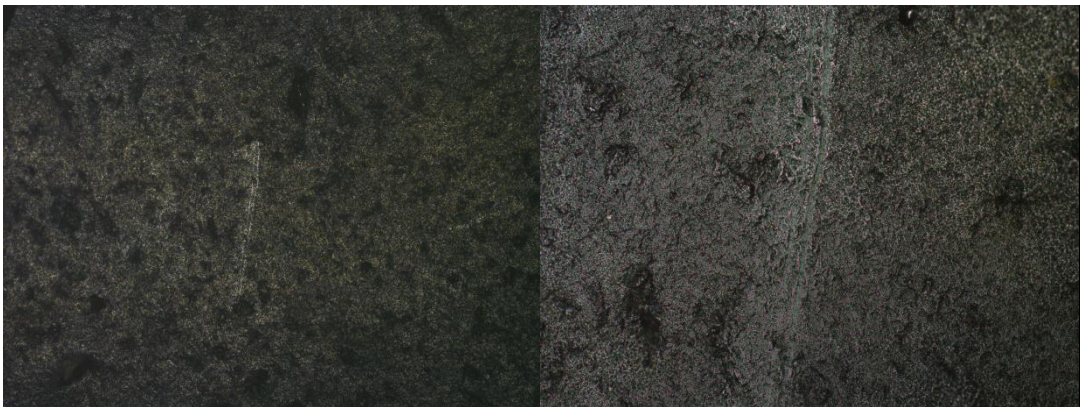




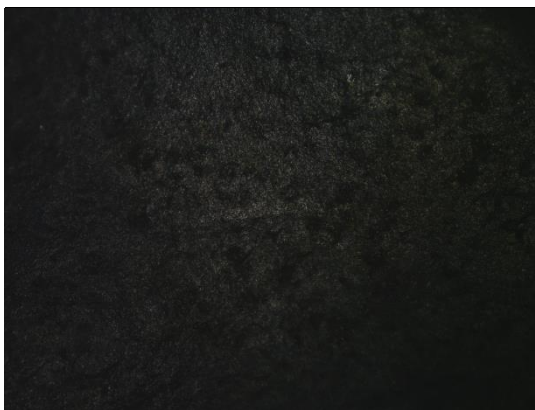
**Obrázek 46: Oleštění pod oblastí lomu hrotu ventrální strany šipky č. 19.**



**Obrázek 47: Lineární lesk u pravé ventrální hrany šipky č. 19.**



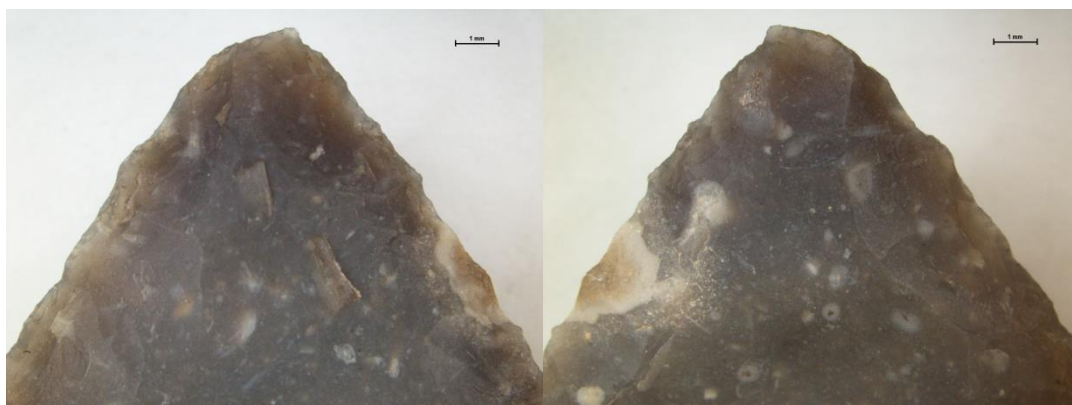
**Obrázek 48: Lineární rýhy na dorsálním těle šipky č. 19.**



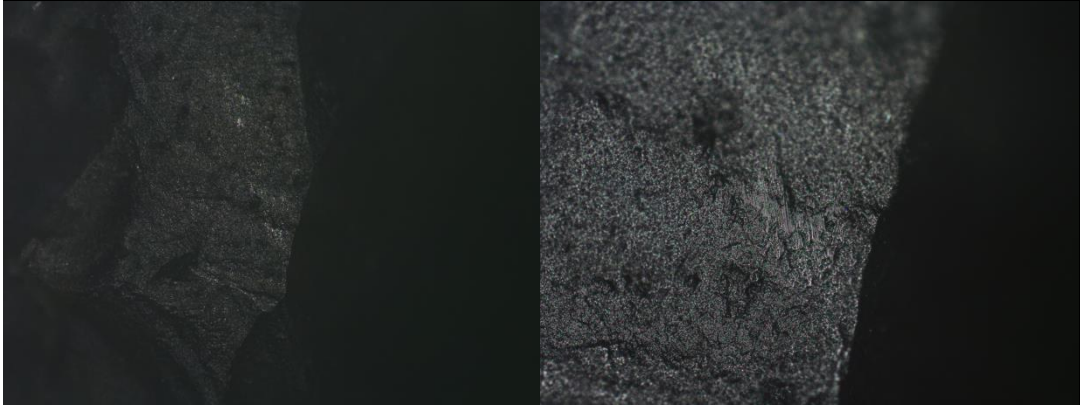
Obrázek 49: Lesk na ventrální bazi šipky č. 19.

#### 5.1.1.10 Šipka č. 20

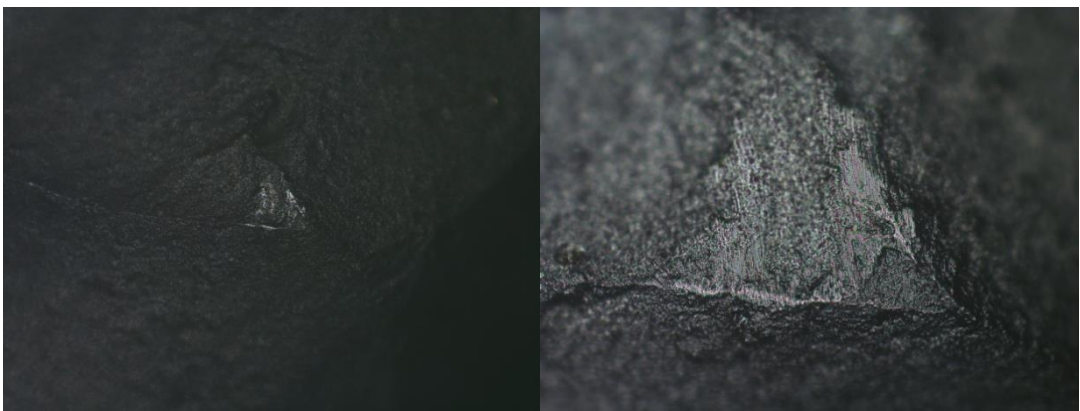
Šipka č. 20 byla vystřelena pouze jednou a cíl minula. K poškození došlo při zásahu do země. Frakturu jsem vyhodnotil jako *step* dlouhý cca 4,2 mm viditelný na dorsální straně (Obrázek 50). Pod oblastí lomu se nachází množství lesků a lineárních rýh (Obrázky 51 a 52). Na ventrální straně došlo na obou koncích fraktury (mediálním a laterálním) k drobnému drcení. Podél hran projektilu můžeme pozorovat lineární lesky a rýhy (Obrázky 52, 53 a 54). Na ventrální straně u pravého křídélka se vyskytuje jakési „S“ tvořené světlým krystalickým materiálem, jenž při menším zvětšení připomíná nelineární lesk (Obrázek 55).



Obrázek 50: Šipka č. 20 ventrálně (vlevo) a dorsálně (vpravo).



**Obrázek 51: Lesk s drobnými lineárními rýhami na topografické vyvýšenině pod oblastí lomu hrotu ventrální strany šipky č. 20.**

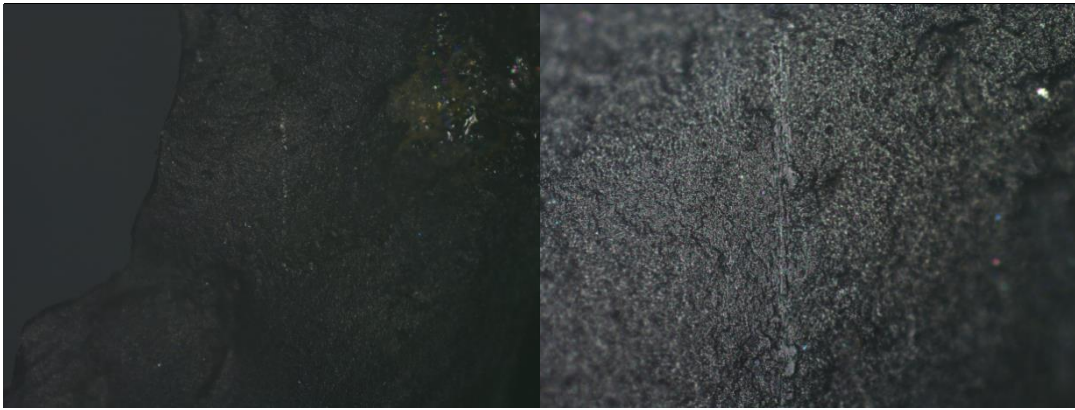


**Obrázek 52: Lesk a lineární rýhy na topografické vyvýšenině na levé ventrální hraně pod oblastí lomu hrotu šipky č. 20.**

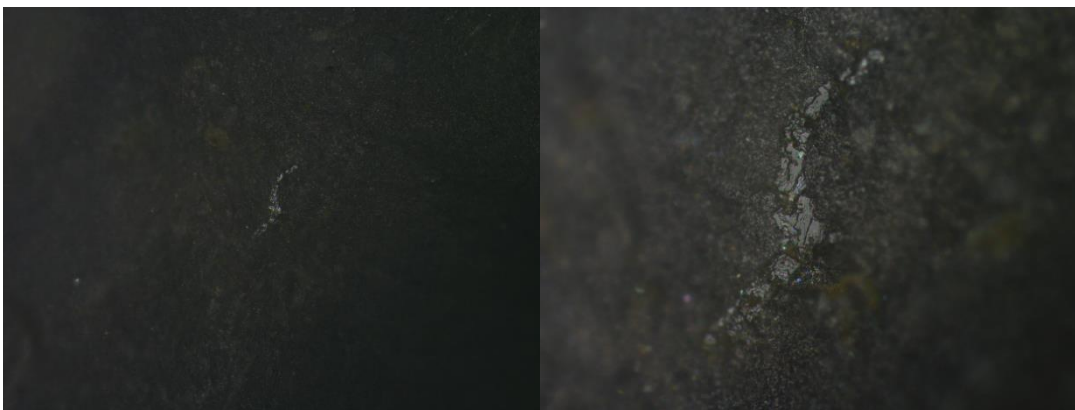


**Obrázek 53: Lineární rýha na levé ventrální hraně šipky č. 20.**





**Obrázek 54: Lineární rýha na levé dorsální hraně šipky č. 20.**



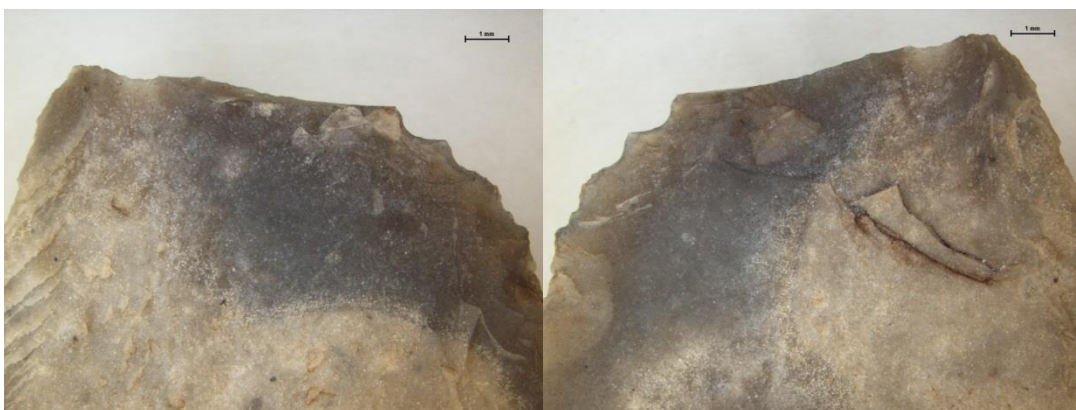
**Obrázek 55: Krystalická nehomogenita pazourku u pravého ventrálního křídélka šipky č. 20.**

#### **5.1.1.11 Šipka č. 23**

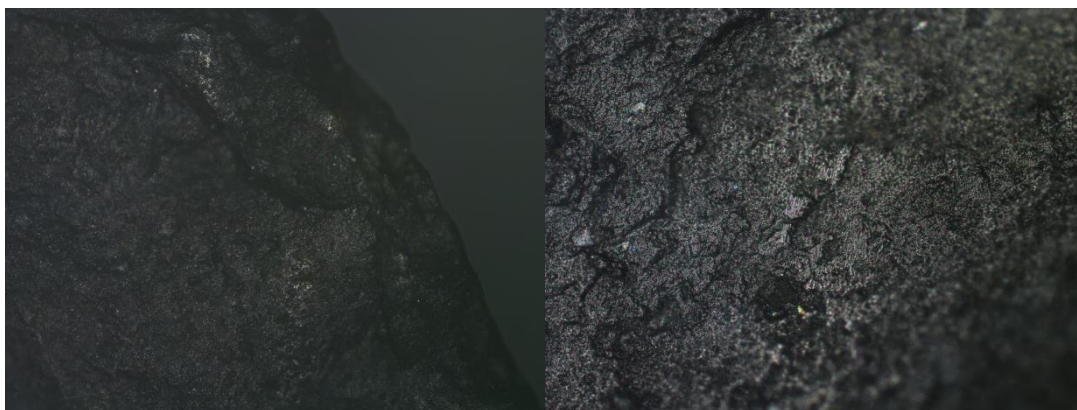
Šipka č. 23 byla vystřelena celkem 5x, z toho cíl zasáhla pouze 2x. V ostatních případech zasáhla zem. K poškození došlo při zásahu čelisti. Frakturu jsem vyhodnotil jako drcení (Obrázek 56). Na dorsální straně lze velmi dobře rekonstruovat průběh lomu. Počáteční dopadová síla se realizovala směrem od hrotu k levé dorsální straně projektilu, což vedlo k laterálnímu směřování fraktury. Po odlomení hrotu došlo na středě a pravé straně ke dvěma samostatným ústěpům se *step* zakončením, na levé straně pak pokračovalo drcení na počátku levé dorsální hrany. Nutno zmínit, že většina zbylého objemu šipky je tvořena hrubozrnnějším materiálem, což pravděpodobně zabránilo většímu rozvoji fraktury. Tato



skladba šipky také omezila rozvoj lineárních rýh a lesků na většině povrchu šipky na její jednu hranu (Obrázek 57).



Obrázek 56: Šipka č. 23 ventrálně (vlevo) a dorsálně (vpravo).

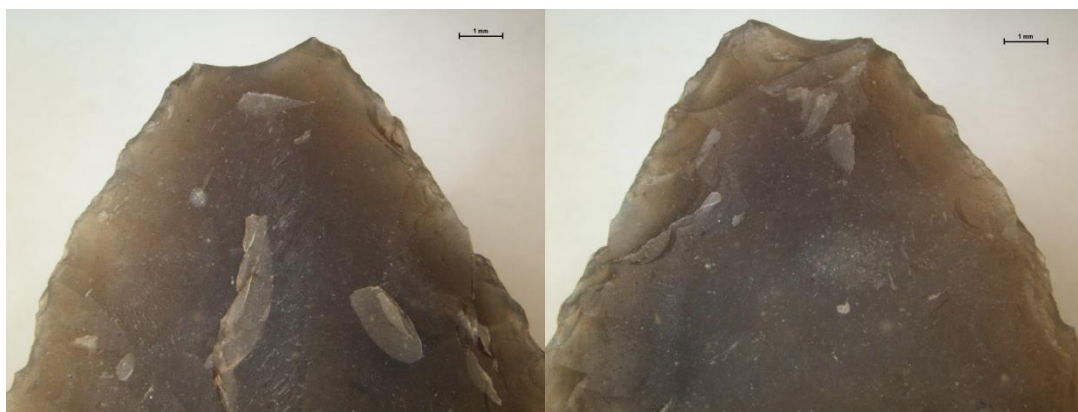


Obrázek 57: Lesk u pravé ventrální hrany šipky č. 23.

#### 5.1.1.12 Šipka č. 24

Šipka č. 24 byla vystřelena celkem 2x, z toho cíl nezasáhla ani jednou. Frakturu jsem vyhodnotil jako drcení (Obrázek 58). Na ventrální straně se v longitudinální ose nachází jizva po úštěpu se *step* zakončením s cca 4 mm dlouhým průběhem. Dopadová síla se dále realizovala na abrazi cca první třetiny pravé ventrální hrany. Na obou stranách šipky se nachází drobné lesky, lineární lesky a rýhy (Obrázek 59), více však na straně dorsální. Velmi zajímavý je lesk nacházející se v cca první třetině dorsální strany s medio-laterálním průběhem (Obrázek 60). Pravděpodobně se jedná o stopu *haftingu*. Oleštění tedy nejspíše

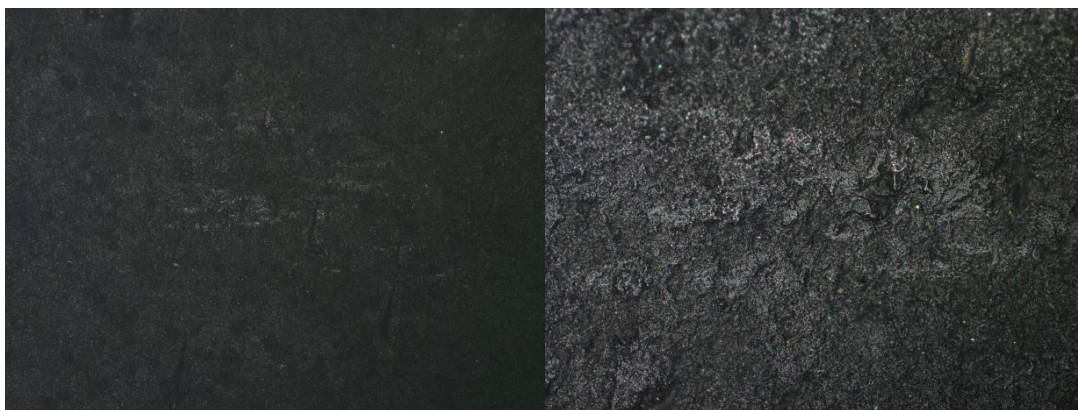
vzniklo kontaktem s ratištěm nebo lepidlem s dodatečnou příměsí tvrdých nečistot. Zajímavé je, že šipka byla vystřelena pouze dvakrát a nebylo nutné ji přelepovat, držela tedy v ratišti pevně. O *haftingu* dále svědčí lineární lesky na bazi šipky (Obrázky 61 a 62) s nelongitudinálním průběhem. Při nárazu do zeminy tedy mohlo dojít k prudkému uvolnění šipky a následnému pohybu ratiště a vyosení šipky z osy dráhy letu s odlomením drobných úštěpků, jež způsobily lineární lesky. Druhou možností je, že jsem tyto stopy způsobil při neopatrném snímání šipky z ratiště. Jelikož se tyto stopy nachází pouze na jediné šipce, přičítám je právě dopadu.



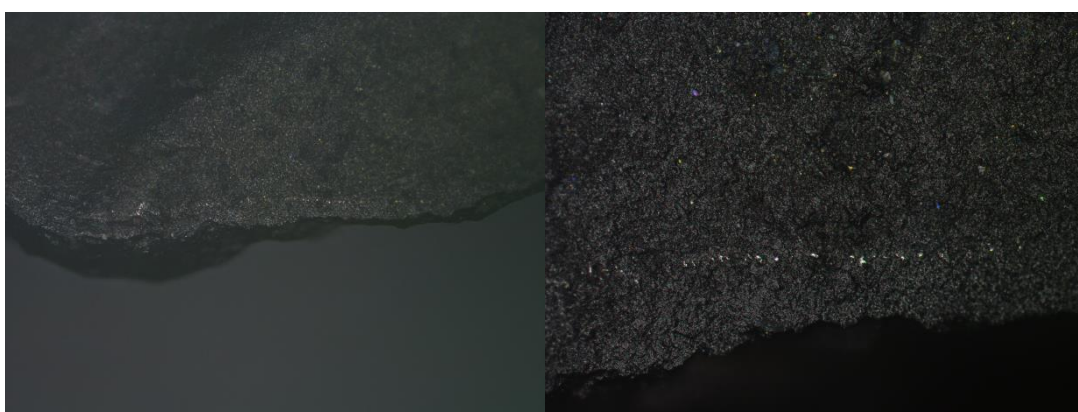
**Obrázek 58: Šipka č. 24 ventrálně (vlevo) a dorsálně (vpravo).**



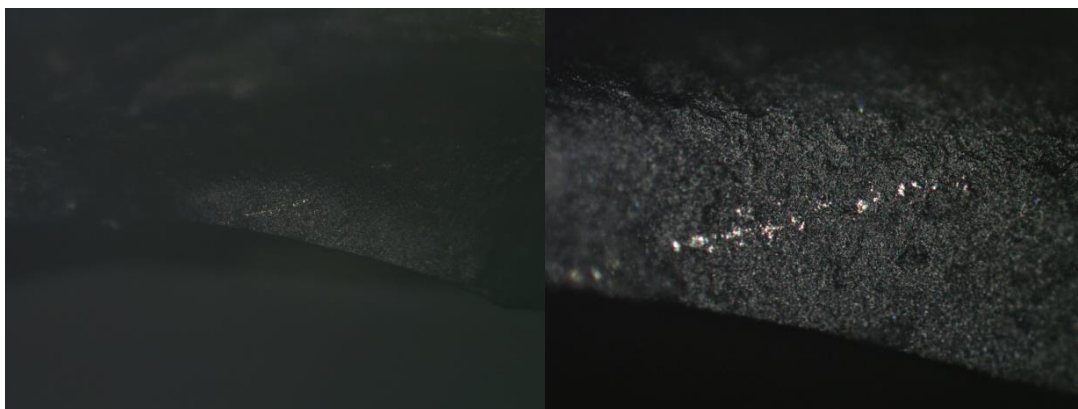
**Obrázek 59: Lineární lesky na levé dorsální hraně šipky č. 24.**



**Obrázek 60: Lesk v první třetině dorsální strany šipky č. 24.**



**Obrázek 61: Lineární lesk na bazi u levého ventrálního křídélka šipky č. 24.**



**Obrázek 62: Lineární lesk na ventrální bazi šipky č. 24.**

#### **5.1.1.13 Šipka č. 25**

Šipka č. 25 byla vystřelena celkem 3x a ve všech případech zasáhla cíl. Jednou bylo nutné ji přelepit. K poškození došlo při zásahu



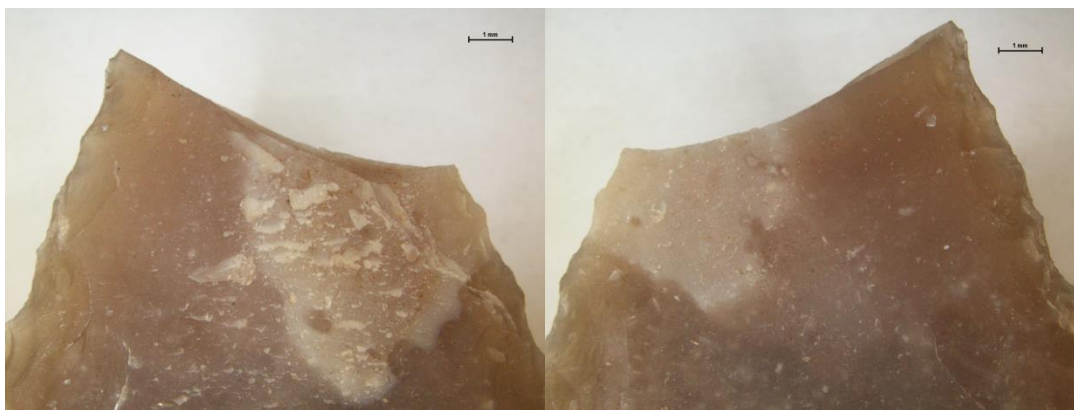
čelisti. Frakturu jsem vyhodnotil jako *step* (Obrázek 63). V tomto případě se jedná o oboustranný *step* směřující laterálně k pravé ventrální straně. Na ventrální straně se síla realizovala ve dvou krocích s celkem cca 6,5mm dlouhým longitudinálním průběhem se *step* zakončením. Na dorsální straně se odštípló cca 4,2 mm. Síla však pokračovala a nalomila dalších téměř 5 mm, které už se ale neoddělilo. Na místě je tedy otázka, zdali toto opotřebení není záznam dvou „pulsů“ dopadu. V jizvičkách se po úštěpech fraktury nachází oleštění povrchu, na povrchu projektilu jsem však žádné stopy užívání nezaznamenal.



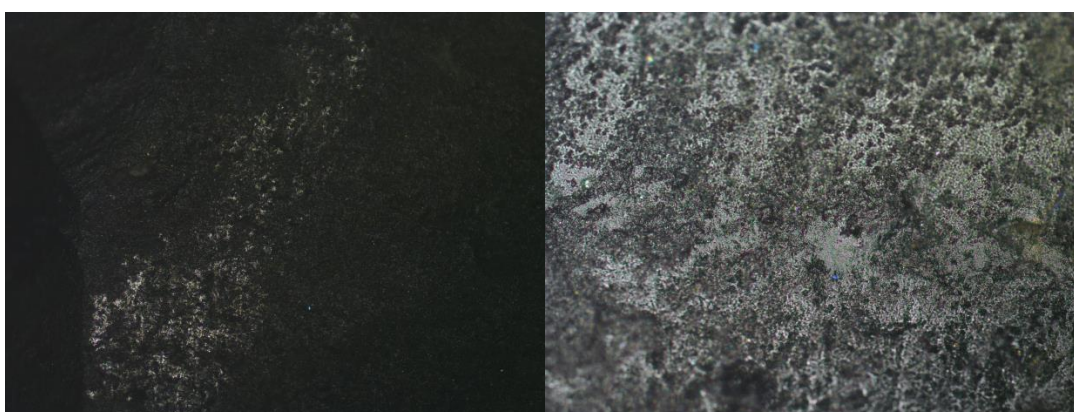
Obrázek 63: Šipka č. 25 ventrálně (vlevo) a dorsálně (vpravo).

#### 5.1.1.14 Šipka č. 31

Šipka č. 31 byla vystřelena pouze jednou a svůj cíl zasáhla. Frakturu jsem vyhodnotil jako laterální a to zejména kvůli její stranové orientaci (Obrázek 64). Z hlediska průběhu lomu se jedná o *snap*. Na vnitřních plochách lomu se opět nachází lesky (způsobené třením šipky) a úštěpek. Na dorsální straně se na těle šipky u levé hrany pod oblastí lomu vyskytuje výrazný lesk s laterální orientací (Obrázek 65). Z jeho pozice a náklonu lze soudit, že vznikl taktéž otřením těla šipky o úštěpek hrotu odlomený při dopadu. Žádné další stopy užívání jsem na těle šipky, podél hran a na bazi nezaznamenal.



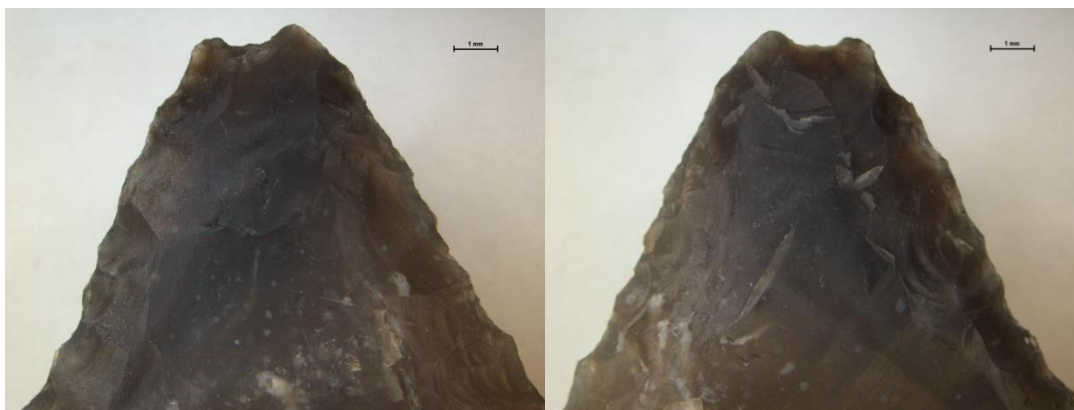
Obrázek 64: Šipka č. 31 ventrálně (vlevo) a dorsálně (vpravo).



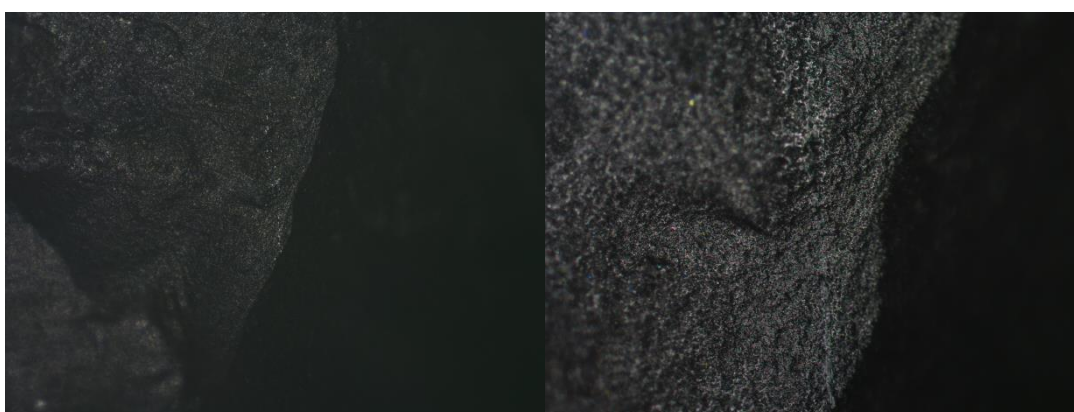
Obrázek 65: Lesk na dorsální straně šipky č. 31.

#### 5.1.1.15 Šipka č. 32

Šipka č. 32 byla vystřelena celkem 9x, z toho cíl zasáhla 6x. Jednou bylo nutné ji přelepit. K poškození došlo při zásahu do země. Frakturu jsem vyhodnotil jako *step* na dorsální straně (Obrázek 66), konkrétně se lom rozdělil na tři menší fraktury typu *step* s nejdelším cca 6,4 mm dlouhým longitudinálním průběhem. Na obou stranách šipky je velké množství drobných lesků, lineárních lesků a rýh (Obrázek 67). Na bazi šipky pak můžeme pozorovat drobné lesky a lineární lesky (Obrázek 68).



Obrázek 66: Šipka č. 32 ventrálně (vlevo) a dorsálně (vpravo).



Obrázek 67: Lineární lesk na levé dorsální hraně šipky č. 32.



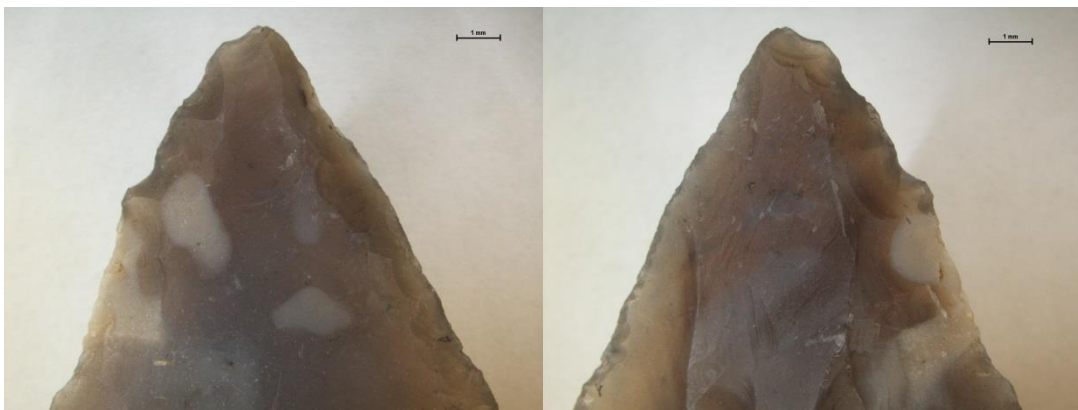
Obrázek 68: Lineární lesk na bazi šipky č. 32.

#### 5.1.1.16 Šipka č. 34

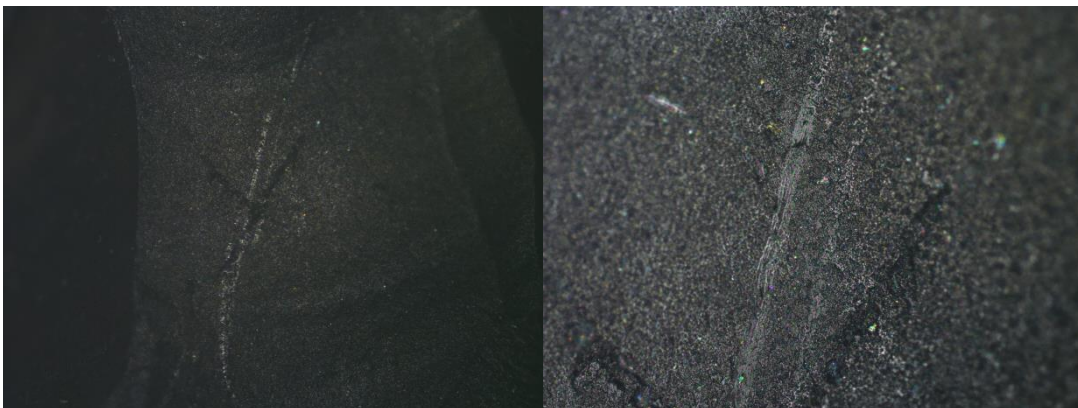
Šipka č. 34 byla vystřelena celkem 22x a cíl zasáhla 17x. Tuto šipku bylo nutné 11x přelepit. K poškození došlo při zásahu do země. Frakturu jsem vyhodnotil jako *step* (Obrázek 69), na ventrální straně



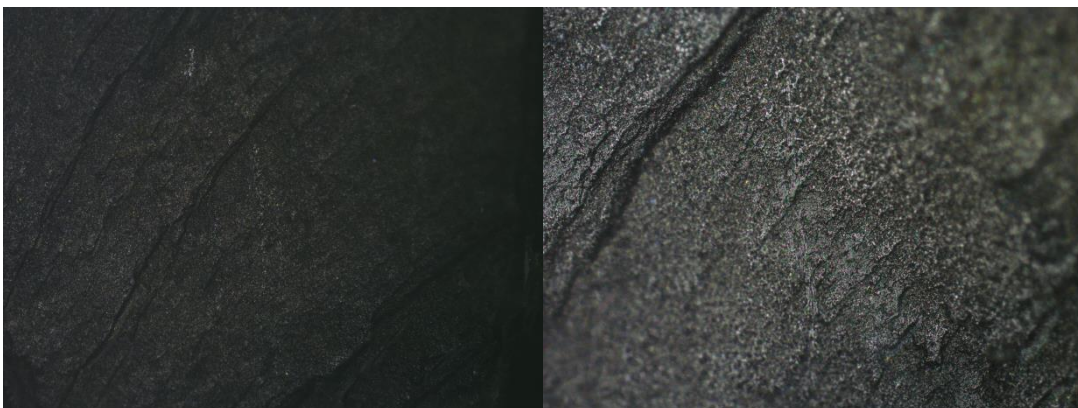
s cca 5 mm dlouhým longitudinálním průběhem. Uvnitř jizvičky po fraktuře se opět nachází výrazné lineární rýhy s lehkým laterálním náklonem (Obrázek 70), pravděpodobně způsobené vzájemným třením těla šipky o úštěpek. Na obou stranách podél hran i na těle šipky se pak vyskytuje množství drobných lesků, lineárních lesků a rýh (Obrázky 71, 72 a 73).



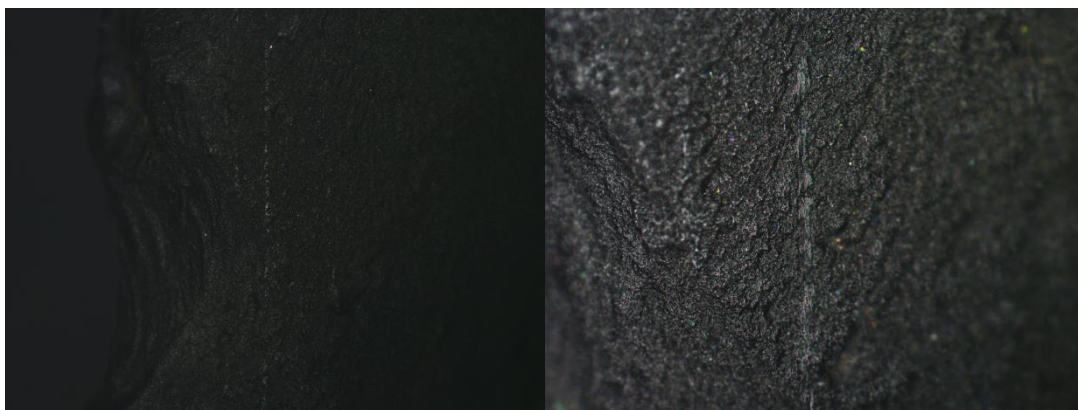
**Obrázek 69: Šipka č. 34 ventrálně (vlevo) a dorsálně (vpravo).**



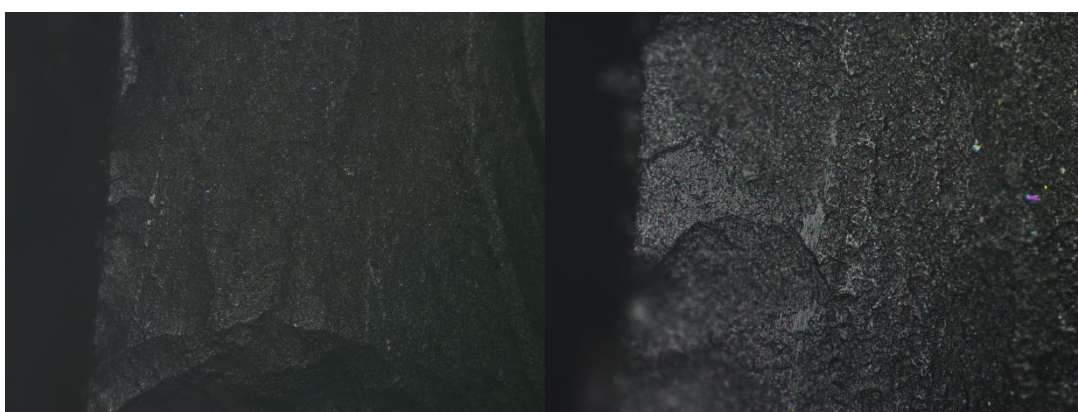
**Obrázek 70: Lineární rýhy v jizvě po fraktuře hrotu šipky č. 34.**



**Obrázek 71: Lineární lesky na dorsálním těle hrotu šipky č. 34.**



**Obrázek 72: Lineární rýha na ventrální levé hraně nad křídélkem šipky č. 34.**

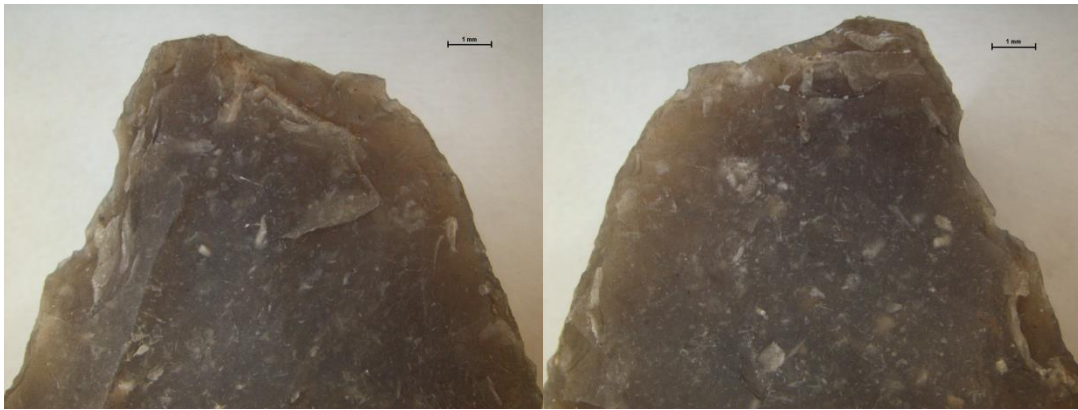


**Obrázek 73: Lineární lesky na levé dorsální hraně pod oblastí lomu hrotu šipky č. 34.**

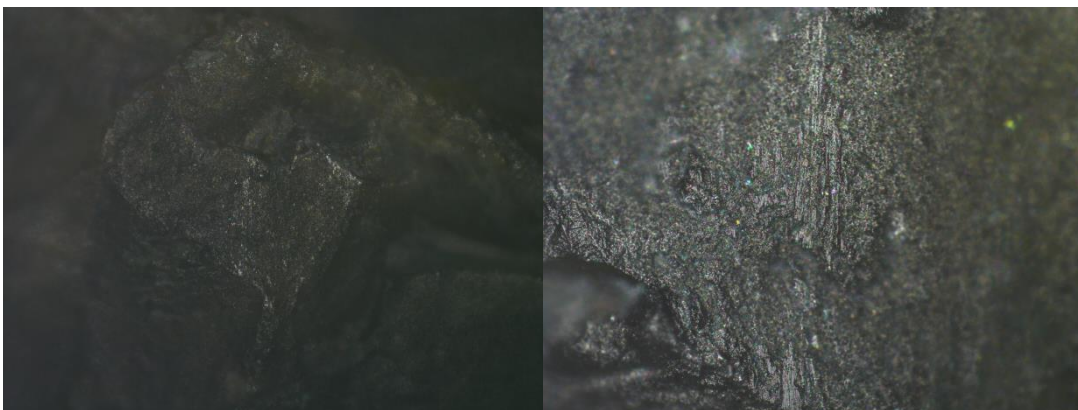
#### **5.1.1.17 Šipka č. 36**

Šipka č. 36 byla vystřelena celkem 3x, z toho cíl zasáhla pouze jednou. K poškození došlo při zásahu čelisti. Frakturu jsem vyhodnotil jako drcení (Obrázek 74). Konkrétně se jedná o oboustranné drcení se *step* zakončením a laterální inklinací k pravé ventrální hraně. Na šipce dále došlo k výrazné abrazi první čtvrtiny levé ventrální hrany a druhé čtvrtiny pravé ventrální hrany. Pod oblastí lomu můžeme opět pozorovat výrazné lineární rýhy v důsledku kontaktu těla šipky s úštěpkem (Obrázek 75). Většina lesků, lineárních lesků a rýh se nachází podél pravé ventrální hrany, ne však výlučně (Obrázek 76). Nelze tedy říci, že byly způsobeny úštěpy hrotu, i když tomu mnohé naznačuje.

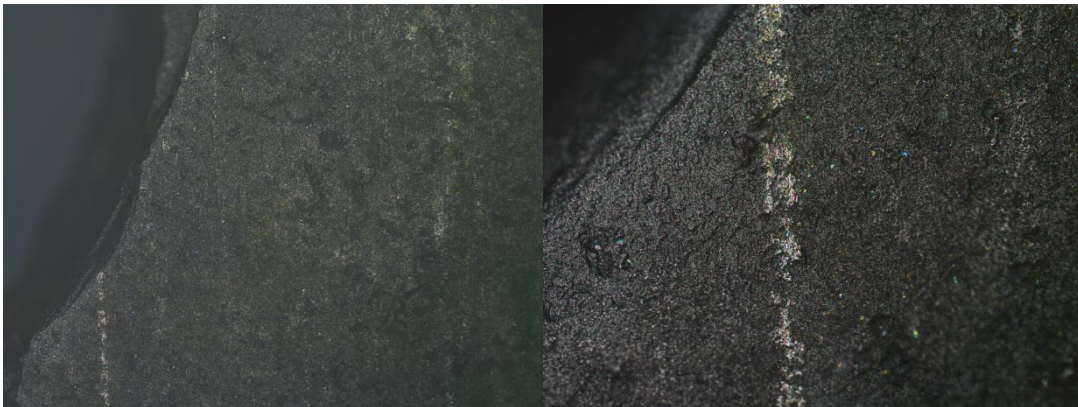




**Obrázek 74: Šipka č. 36 ventrálně (vlevo) a dorsálně (vpravo).**



**Obrázek 75: Lesk a lineární strie pod ventrální oblastí lomu hrotu šipky č. 36.**

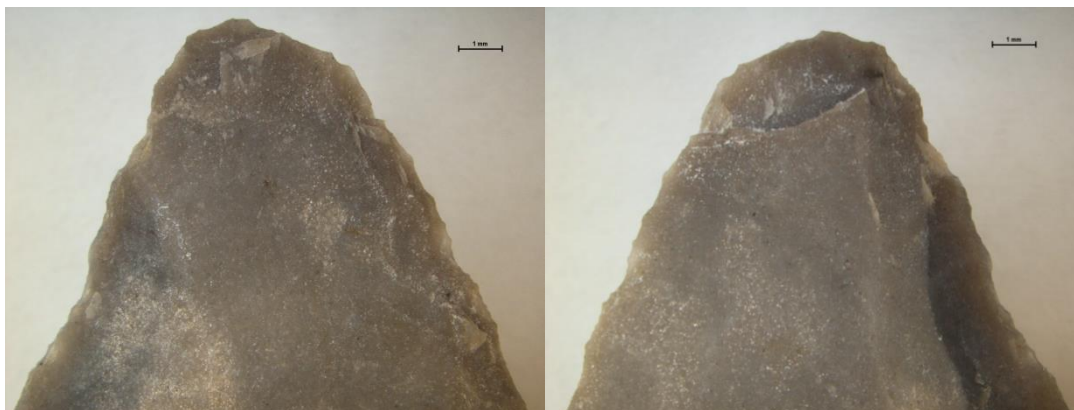


**Obrázek 76: Lineární lesky a rýha na levé ventrální hraně šipky č. 36.**

#### **5.1.1.18 Šipka č. 38**

Šipka č. 38 byla vystřelena celkem 2x a v obou případech zasáhla svůj cíl. K poškození došlo při zásahu cíle. Frakturu jsem vyhodnotil jako

step (Obrázek 38), zde v hrubozrnnějším materiálu s cca 2,7 mm dlouhým longitudinálním průběhem. Na ventrální straně počátku levé hrany můžeme pozorovat drobné drčení. Na těle šipky, hranách a bazi šipky jsem nenalezl žádné další stopy užívání.

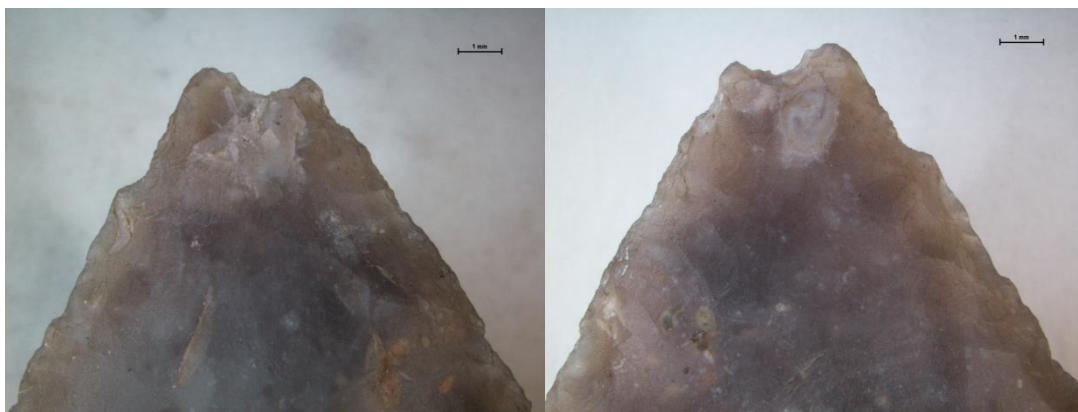


Obrázek 77: Šipka č. 38 ventrálně (vlevo) a dorsálně (vpravo).

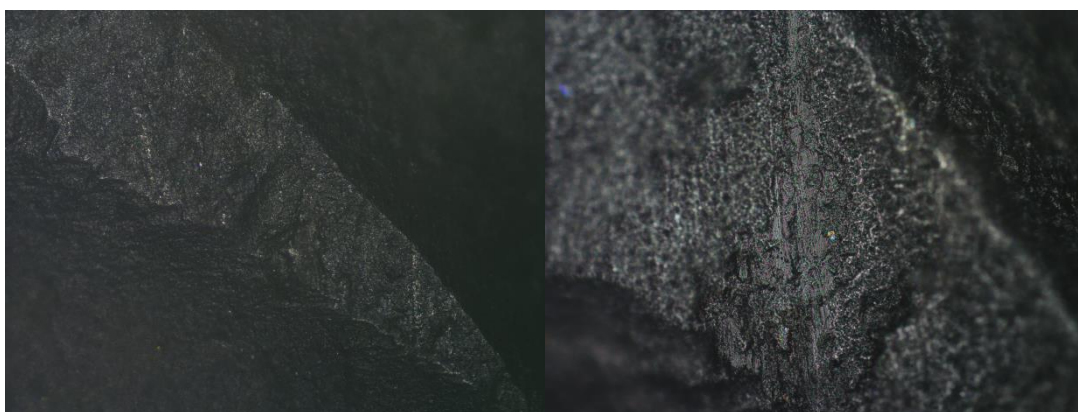
## 5.1.2 Šipky užívané pro simulaci rituální střelby

### 5.1.2.1 Šipka č. 2

Šipka č. 2 byla vystřelena 8x a 4x přelepena. Při posledním výstřelu došlo k rozdrčení špice projektilu (Obrázek 78). Na těle šipky se vyskytuje velké množství drobných lineárních lesků, velmi pravděpodobně vzniklých kontaktem s menšími půdními částicemi, či fragmenty hrotu. Ventrálně se pod oblastí rozdrčeného hrotu nachází na malé vyvýšenině několik lineárních strií (Obrázek 79). Na dorsální straně vlevo pod oblastí rozdrčeného hrotu je větší oblast lineárních strií (Obrázek 80). Pravá ventrální hrana projektilu vykazuje značné zaoblení abrazí cca ve dvou třetinách své délky.



**Obrázek 78: Šipka č. 2 ventrálně (vlevo) a dorsálně (vpravo).**



**Obrázek 79: Lineární strie podoblastí lomu hrotu na ventrální straně šipky č. 2.**



**Obrázek 80: Lineární strie u levé dorsální hrany pod oblastí lomu hrotu šipky č. 2.**

#### **5.1.2.2 Šipka č. 5**

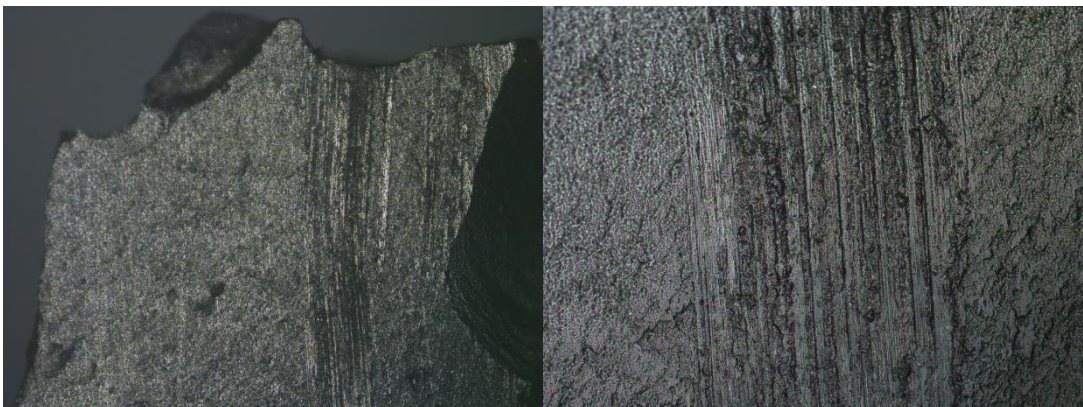
Šipka č. 5 byla vystřelena 34x a při posledním výstřelu došlo k rozdrčení hrotu (Obrázek 81). Na ventrální straně šipky se vyskytuje



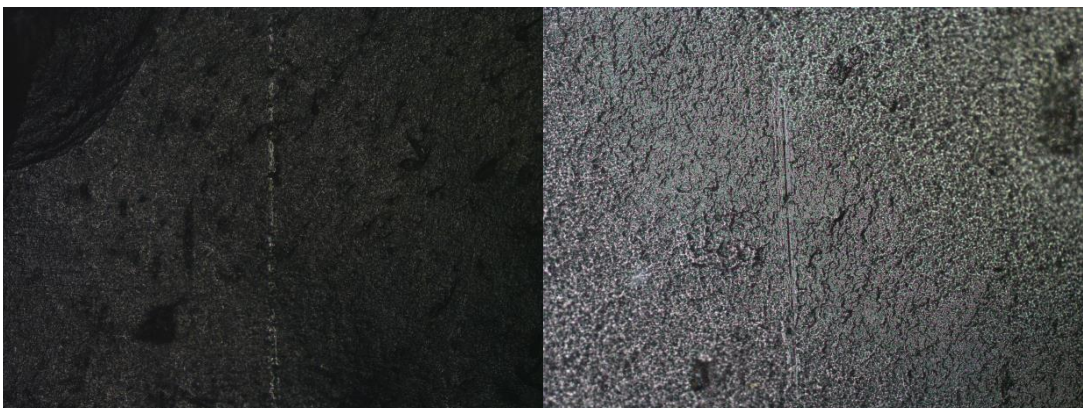
méně lineárních lesků než na dorsální. Především se však na dorsální straně objevuje množství lineárních strií, a to pod oblastí rozdrčeného hrotu spolu s výrazným oleštěním povrchu (Obrázek 81), i mimo ni (Obrázek 82).



**Obrázek 81: Šipka č. 5 ventrálně (vlevo) a dorsálně (vpravo).**



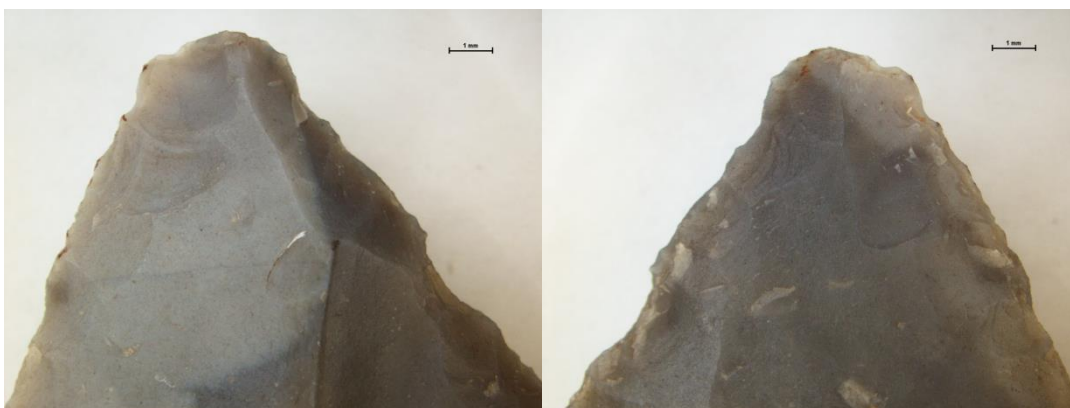
**Obrázek 82: Výrazné lineární rýhy spolu s oleštěním dorsální plochy pod lomem hrotu šipky č. 5.**



**Obrázek 83: Lineární rýha na levém dorsálním křídélku šipky č. 5.**

### 5.1.2.3 Šipka č. 7

Šipka č. 7 byla vystřelena 18x a při posledním výstřelu došlo k rozdrčení hrotu (Obrázek 84). Na šipce nebyly pozorovány téměř žádné lesky ani strie, vyjma levého ventrálního křídélka (Obrázek 85). Obě hrany se jeví zakulaceny.



Obrázek 84: Šipka č. 7 ventrálně (vlevo) a dorsálně (vpravo).



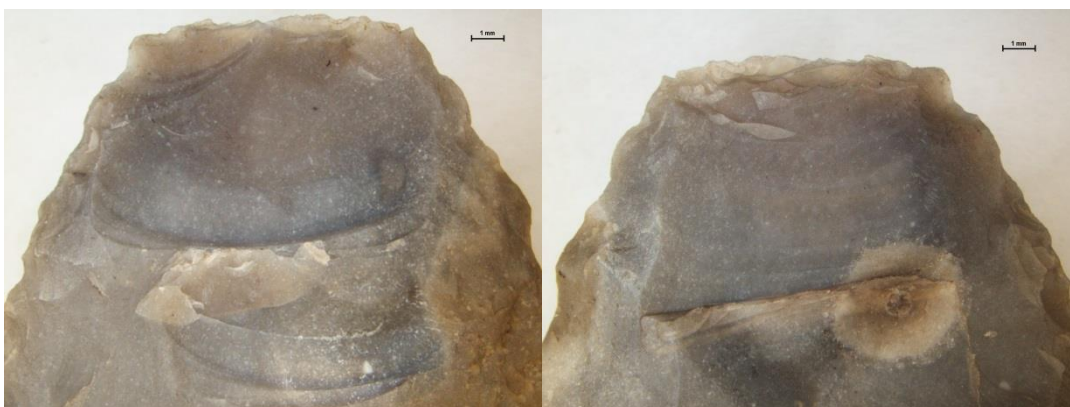
Obrázek 85: Lineární lesk na levém ventrálním křídélku šipky č. 7.

### 5.1.2.4 Šipka č. 9

Šipka č. 9 byla vystřelena 69x. Při posledním výstřelu došlo k oboustranné *step* fraktuře (Obrázek 86). Fraktura by mohla být klasifikována i jako oboustranné drcení, neboť oblast lomu není čistá, ale fragmentovaná. Na obou stranách jsou lesky přítomny převážně kolem jedné hrany- levé ventrální (Obrázek 87), tedy pravé dorsální (Obrázek 88). Tato hrana taktéž vykazuje mnohem větší zakulacení. Nutno



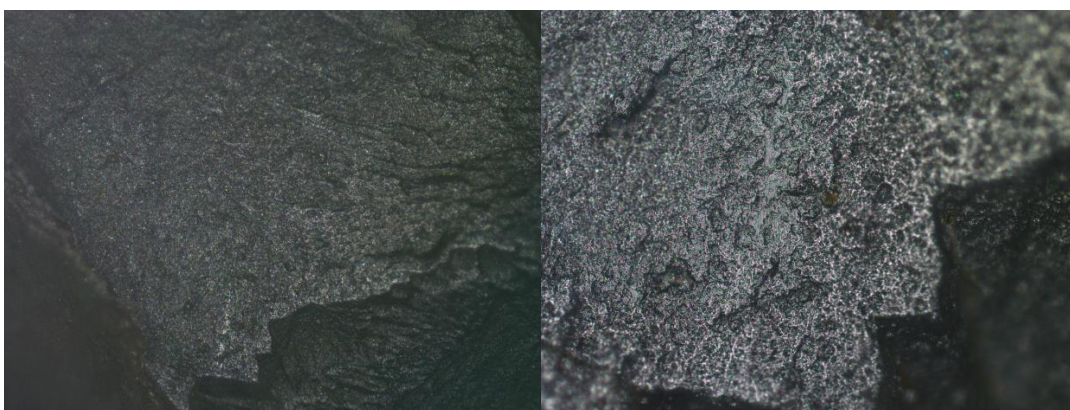
podotknout, že druhá hrana (tedy pravá ventrální) je částečně složena z hrubozrnnějšího materiálu.



**Obrázek 86: Šipka č. 9 ventrálně (vlevo) a dorsálně (vpravo).**



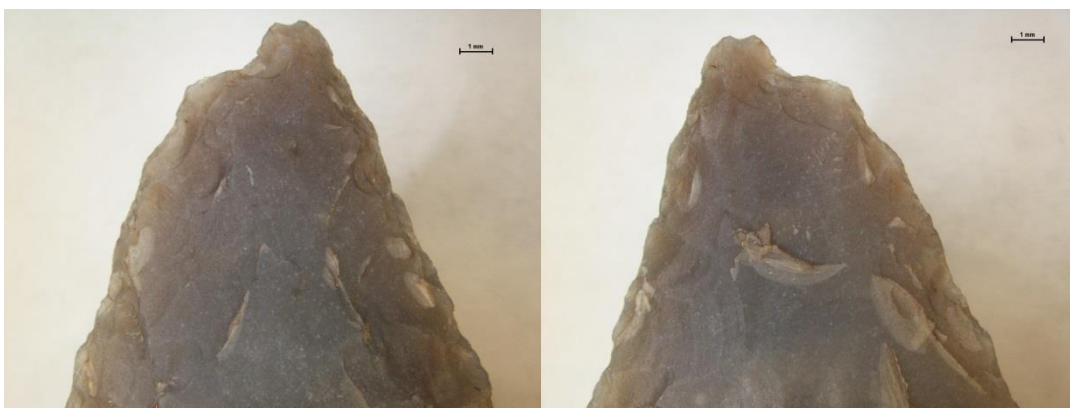
**Obrázek 87: Dvě různá oleštění na levé ventrální hraně šipky č. 9.**



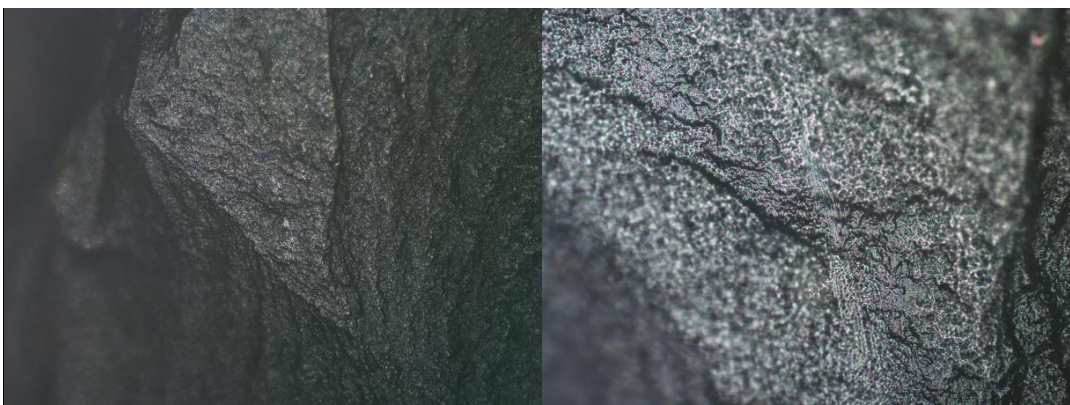
**Obrázek 88: Lineární lesk a oleštění na pravé dorsální hraně šipky č. 9.**

### 5.1.2.5 Šipka č. 10

Šipka č. 10 byla vystřelena 11x. Při posledním výstřelu došlo k *laterální* fraktuře (Obrázek 89). Ta by mohla být klasifikována i jako drcení, neboť její průběh není čistě hladký. Část síly odloupla dorsálně menší longitudinální úštěpek pod oblastí hrotu. Ventrálně se na šipce vyskytují lineární lesky a strie, nejvíce však kolem a pod oblastí hrotu i podél hran šipky (Obrázek 90). Dorsálně je lesků méně. Na tomto projektilu můžeme také pozorovat dvě rezidua mědi (Obrázek 91). Ventrálně u levé hrany došlo k otěru retušéru o topografickou vyvýšeninu těla šipky. Dorsálně u levé hrany pak došlo k otěru o plochu.

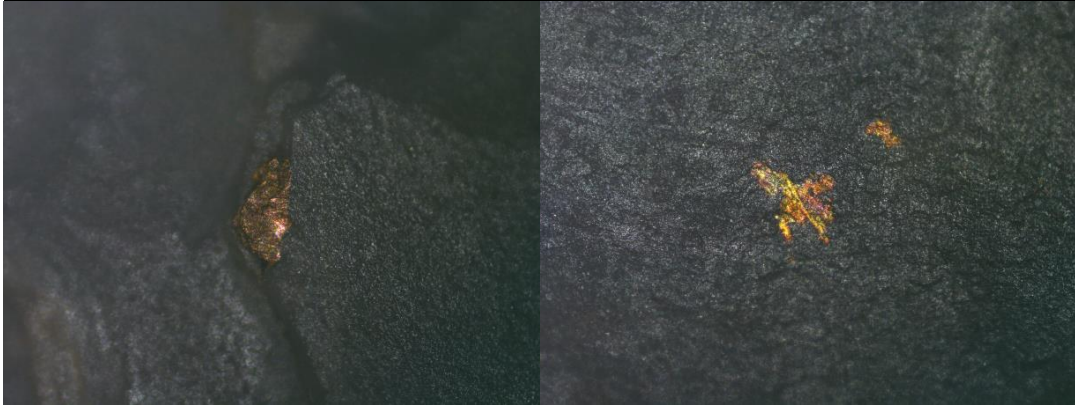


Obrázek 89: Šipka č. 10 ventrálně (vlevo) a dorsálně (vpravo).



Obrázek 90: Lineární rýha a oleštění pod oblastí lomu hrotu na ventrální straně šipky č. 10.





Obrázek 91: Dvě různá rezidua mědi na šipce č. 10. Pod hranou vlevo. V ploše vpravo.

#### 5.1.2.6 Šipka č. 13

Šipka č. 13 byla vystřelena 18x. Fraktura byla klasifikována jako drcení (Obrázek 92). Pokud by její longitudinální průběh na dorsální straně byl jednotnější, mohla by být považována za *step* frakturu. Na šipce lze pozorovat drobné lineární lesky. Žádné lineární lesky ani strie pod oblastí zlomu hrotu jsem nepozoroval. Obě hrany se v první polovině zdají zaobleny.



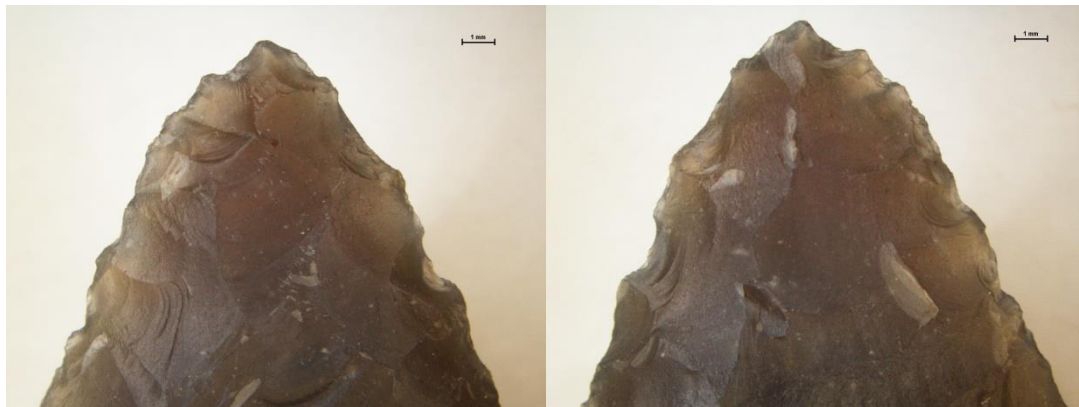
Obrázek 92: Šipka č. 13 ventrálně (vlevo) a dorsálně (vpravo).

#### 5.1.2.7 Šipka č. 15

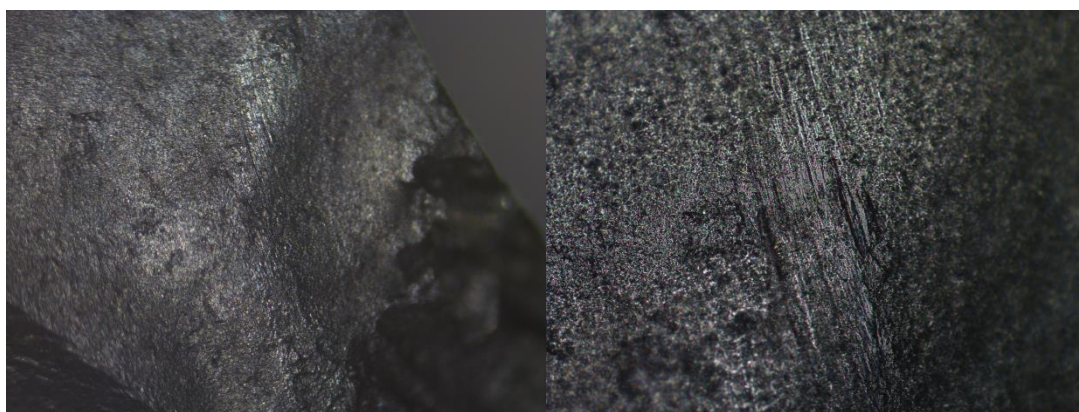
Šipka č. 15 byla vystřelena 10x a 2x z ratiště vypadla. Fraktura hrotu jsem vyhodnotil jako drcení (Obrázek 93). Lineární strie a lesky se



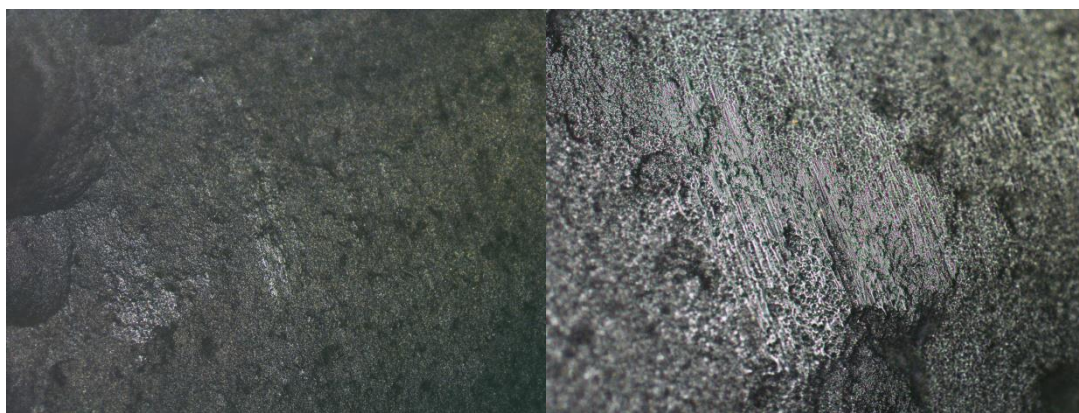
vyskytují na obou stranách, opět více podél hran (Obrázky 95 a 96). Přítomné jsou však i pod oblastí hrotu (Obrázek 94). Obě hrany vykazují poškození, levá ventrální však o něco výraznější.



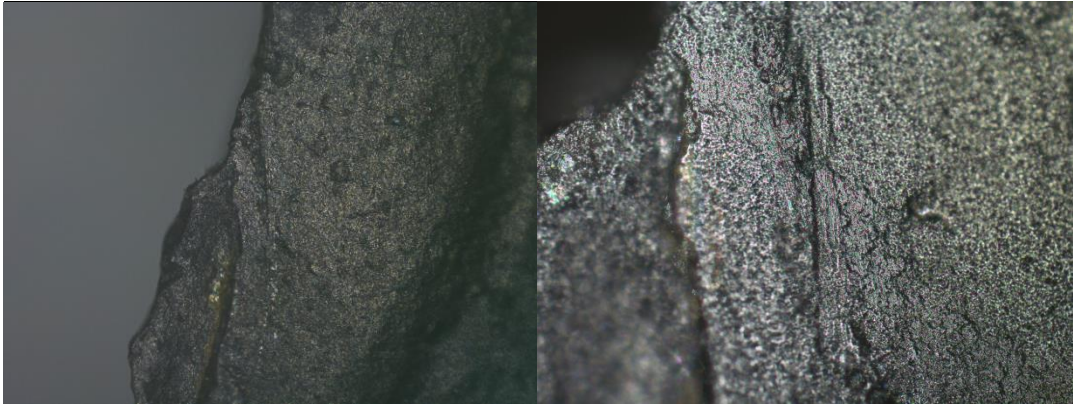
**Obrázek 93: Šipka č. 15 ventrálně (vlevo) a dorsálně (vpravo).**



**Obrázek 94: Oleštěná oblast s lineárními rýhami pod ventrální oblastí lomu hrotu šipky č. 15.**



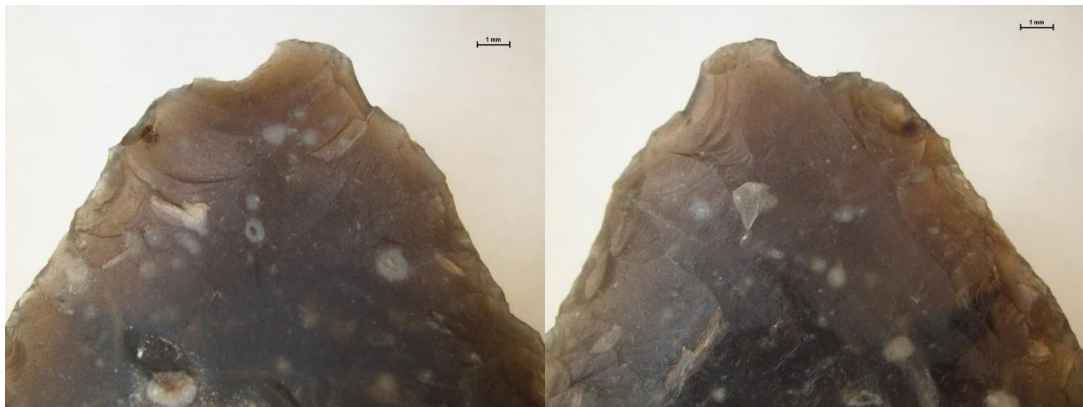
**Obrázek 95: Oleštění a lineární rýhy na levé ventrální hraně šipky č. 15.**



Obrázek 96: Lineární rýha podél levé dorsální hrany šipky č. 15.

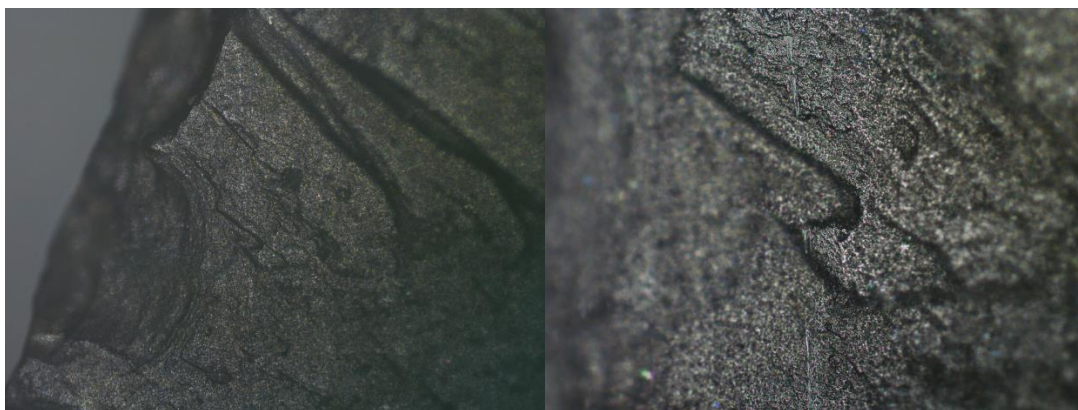
#### 5.1.2.8 Šipka č. 16

Šipka č. 16 byla vystřelena 18x. Frakturu jsem vyhodnotil jako *laterální* (Obrázek 97). Díky svému longitudinálnímu průběhu by mohla být považována i za *feather*. Na šipce se nachází drobné lineární lesky i výraznější lineární rýhy (Obrázek 98). Více se ovšem vyskytují u levé ventrální hrany.



Obrázek 97: Šipka č. 16 ventrálně (vlevo) a dorsálně (vpravo).





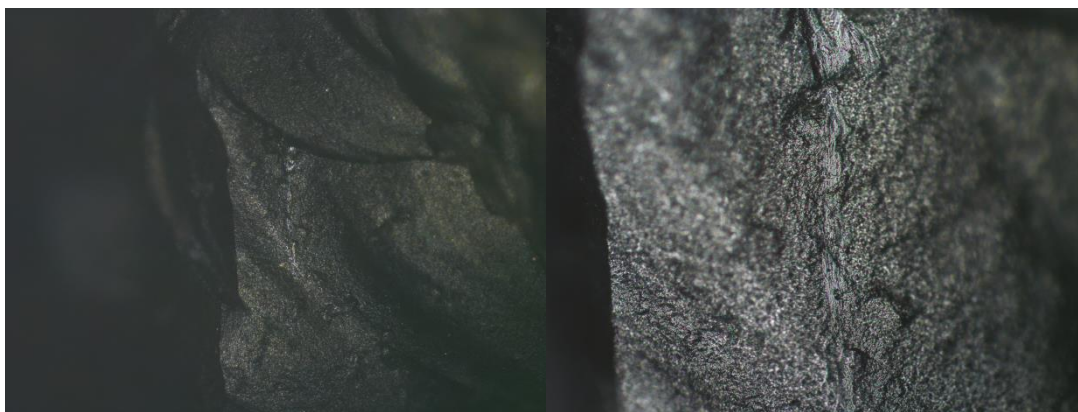
**Obrázek 98: Lineární strie u hrany ventrálního levého křídélka šipky č. 16.**

#### **5.1.2.9 Šipka č. 18**

Šipka č. 18 byla vystřelena 41x. Frakturu jsem klasifikoval jako drcení (Obrázek 99). Díky svému laterálnímu průběhu by mohla být považována i za laterální. Na těle šipky můžeme pozorovat jen několik stop (Obrázek 100). Rozloženy jsou relativně rovnoměrně na pravé ventrální hraně, která utrpěla silnou abrazi od laterální fraktury. V důsledku tohoto stranového drcení došlo velmi pravděpodobně i k odlomení křídélka (Obrázek 101).



**Obrázek 99: Šipka č. 18 ventrálně (vlevo) a dorsálně (vpravo).**



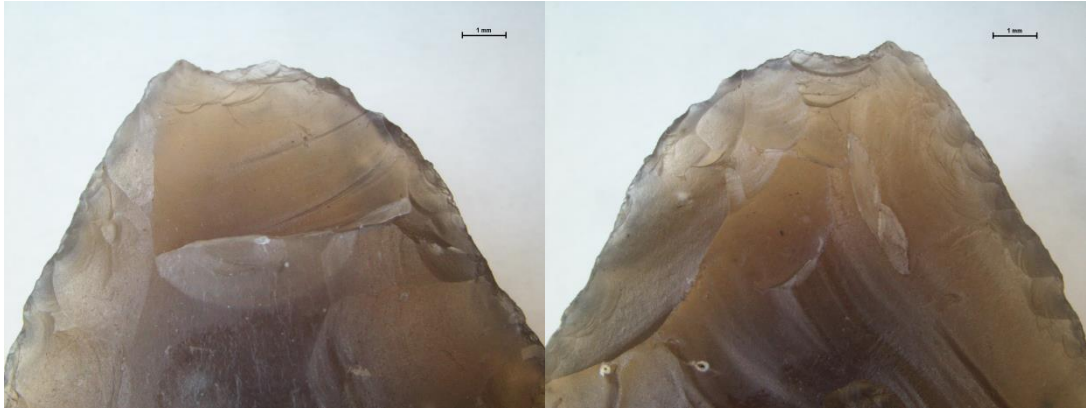
**Obrázek 100: Drobná lineární rýha pod oblastí lomu hrotu ventrální strany šipky č. 18.**



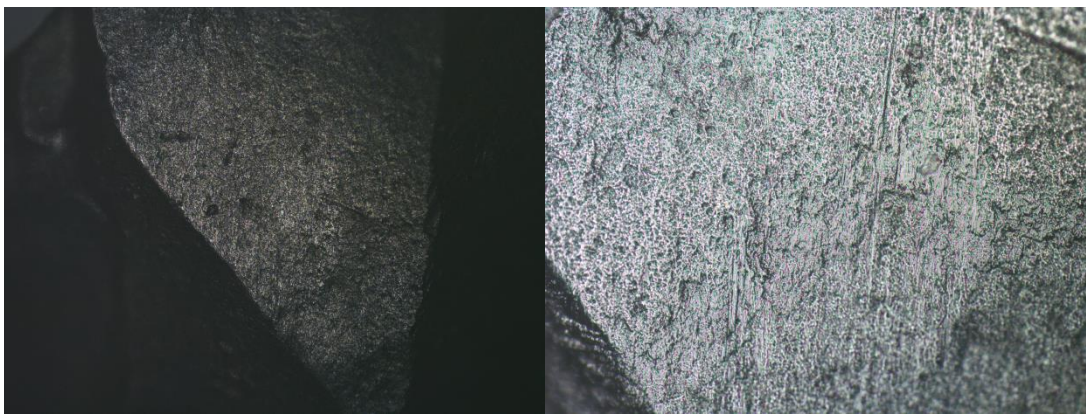
**Obrázek 101: Ulomené pravé ventrální křídélko (vpravo) šipky č. 18.**

#### **5.1.2.10 Šipka č. 21**

Šipka č. 21 byla vystřelena 23x a 3x vypadla z ratiště. Frakturu jsem vyhodnotil jako *step* (Obrázek 102). Jelikož průběh iniciace lomu není čistý, mohla by být považována i za drcení. Na ventrální straně se vyskytují kolem hran četné lineární lesky (Obrázek 104), kolem odlomeného hrotu jsou poté doplněné o drobné lineární rýhy (Obrázek 103). Na ventrální straně baze se též vyskytují četné lesky, místy doplněné o drobné strie v různých směrech (Obrázek 105). Na straně dorsální se celkově vyskytuje méně stop, než na straně ventrální, jsou ovšem obdobného charakteru.



**Obrázek 102: Šipka č. 21 ventrálně (vlevo) a dorsálně (vpravo).**



**Obrázek 103: Výrazné oleštění s drobnými lineárními rýhami pod oblastí lomu hrotu šipky č. 21.**



**Obrázek 104: Dvě různé plochy s drobnými lineárními lesky na levé ventrální hraně šipky č. 21.**

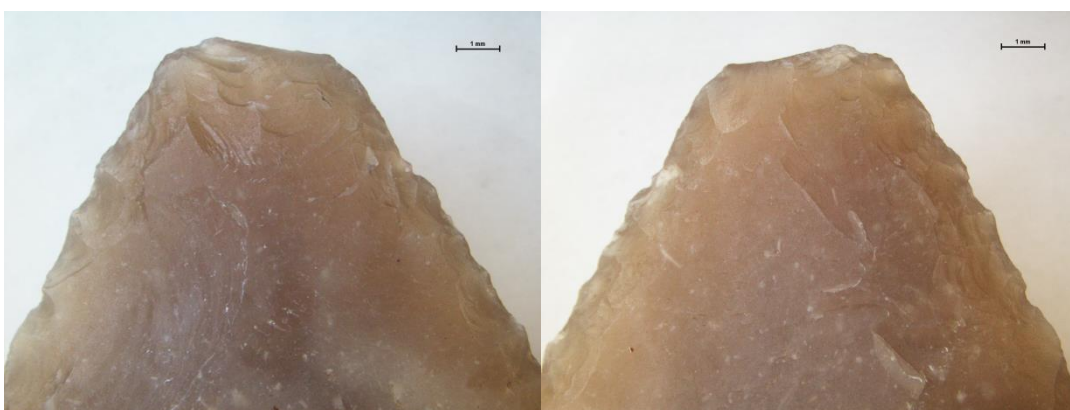




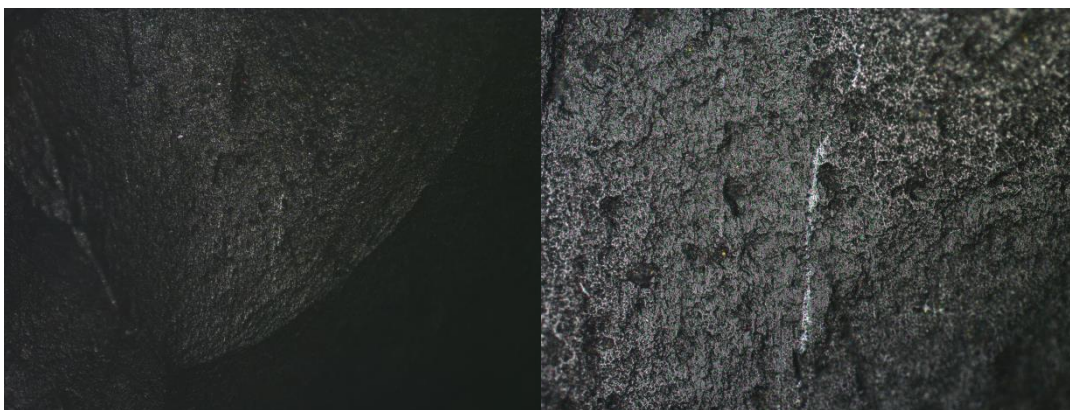
Obrázek 105: Drobný lineární lesk na bazi šipky č. 21.

#### 5.1.2.11 Šipka č. 22

Šipka č. 22 byla vystřelena 26x a jednou bylo potřeba ji přelepit. Frakturu jsem vyhodnotil jako *feather*, a to díky jejímu profilu mezi bodem iniciace a koncem lomu (Obrázek 106). Jelikož ve svých křivkách nemá čistě hladký průběh, také by mohla být považována i za drcení. Na obou stranách šipky se podél hran vyskytují drobné lineární lesky. Nejvýraznější stopy užívání se opět vyskytují kolem fraktury hrotu (Obrázek 107).



Obrázek 106: Šipka č. 22 ventrálně (vlevo) a dorsálně (vpravo).



**Obrázek 107: Výrazný lesk pod oblastí lomu hrotu na dorsální straně šipky č. 21.**

#### **5.1.2.12 Šipka č. 26**

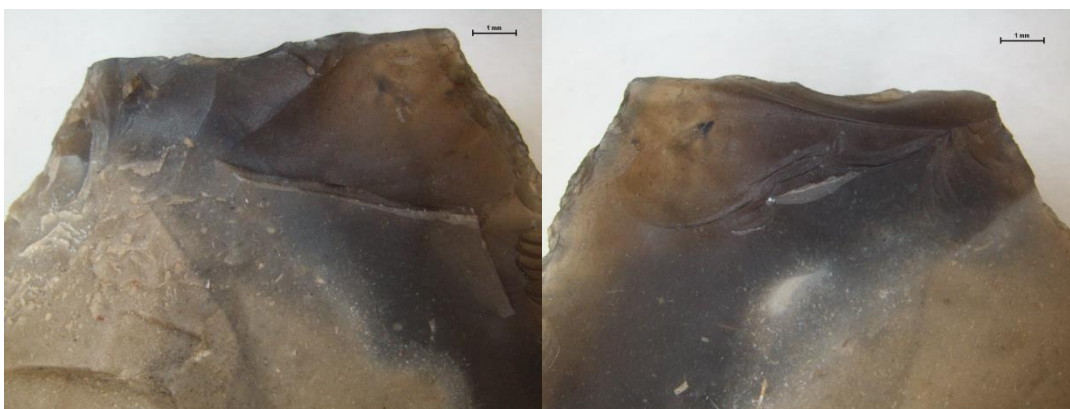
Šipka č. 26 byla vystřelena 38x a jednou přelepena. Při posledním výstřelu se bohužel ztratila, a proto také zde nejsou její fotografie. Šíp zasáhl kámen vyčnívající z povrchu. Šipka tedy narazila do tvrdého předmětu bez zbrzdění zeminou. Kinetická energie ratiště způsobila jeho rozštípnutí o projektil a tedy okamžité uvolnění šipky, která se od kamene odrazila neznámo kam. V následující hodině jsem pečlivě prohledal okolí (cca 8m<sup>2</sup>), ovšem bez úspěchu.

Ztrátu šipky způsobily tři faktory. Za prvé byla upevněna na nevhodném ratišti. To konstantně odskakovalo od luku, zanášelo a obecně se chovalo nepředvídatelně. Jelikož se nejednalo o přesnou střelbu (viz. skupina šipek určená pro simulaci boje), rozhodl jsem se je v experimentu ponechat. Za druhé byly v daný den výrazné poryvy větru, což znásobilo výchylku šípu od určeného směru. Za třetí, zmíněná kombinace faktorů způsobila dopad do oblasti naskládaných balvanů bez zeminy či jiné výplně. Šipku tedy nic nezbrzdilo při dopadu, ani při pozdějším odskočení do strany, případně se od nich mohla odrážet dále. Mezi balvany také mohla propadnout níže. Ztráta šipky mne velice mrzí, neb by jistě po tomto nárazu poskytla zajímavá data.

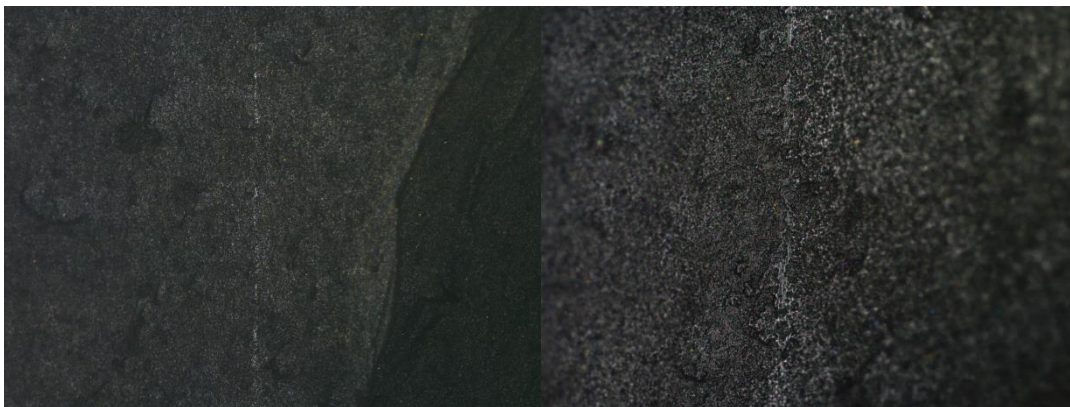
### 5.1.2.13 Šipka č. 27

Šipka č. 27 byla vystřelena 41x a jednou ji bylo nutné k ratišti znovu přilepit. Klasifikace fraktury je opět složitější. Na základě transversálního profilu lomu kolmého k longitudinální ose jsem se rozhodl pro *feather* frakturu, jenž je na ventrální straně doplněná o nedokončený *spin-off* vypadající jako malý *step* (Obrázek 108). Fraktura oddělila cca přední třetinu délky šipky. Další třetina hrany projektilu byla ovšem také abrakována. Síla byla tak veliká, že došlo i k odlomení pravého ventrálního křídélka. Celistvě by se tedy mohlo jednat opět o drcení.

Na šipce se nenachází mnoho stop, jelikož většina neporušeného povrchu je hrubozrnné povahy. Na zbylých částech projektilu (tedy pravé ventrální a levé dorsální) se po obou hranách objevují výrazné lineární rýhy a lesky (Obrázek 109 a 110).

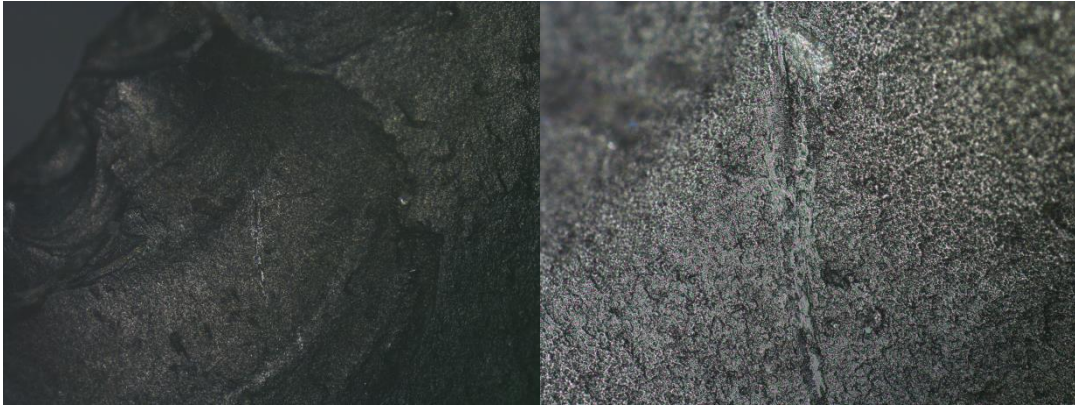


Obrázek 108: Šipka č 27 ventrálně (vlevo) a dorsálně (vpravo).



Obrázek 109: Výrazný lineární lesk u pravé ventrální hrany šipky č. 27.

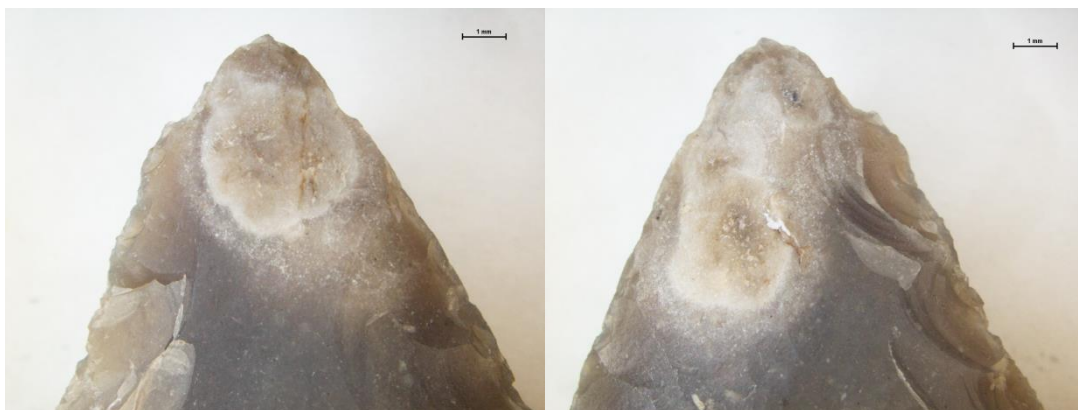




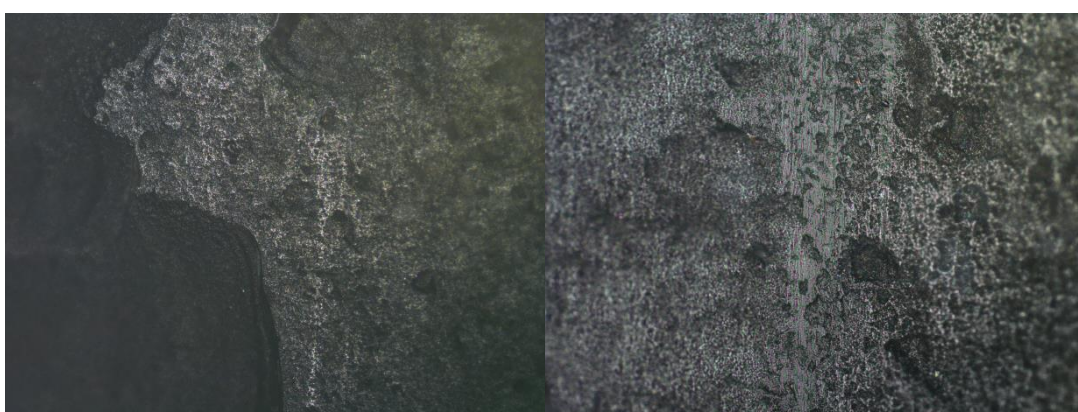
**Obrázek 110: Lineární rýha na levé dorsální hraně šipky č. 27.**

#### **5.1.2.14 Šipka č. 28**

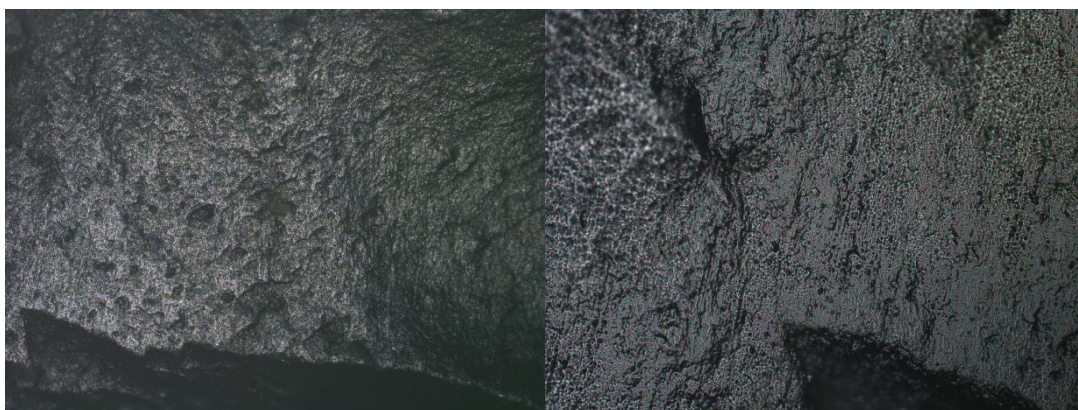
Šipka č. 28 byla vystřelena celkem 54x a 2x ji bylo nutné k ratišti znovu přilepit. Hrubozrnná část hrotu projektilu pravděpodobně působila jako opora (Obrázek 111). Okolí fraktury je celé silně oleštěné s četnými rýhami (Obrázek 112), samotný hrot však zůstává neporušen. Jediným možným poškozením hrotu tedy bylo buď oddělení celé hrubozrnné části, nebo postupné drcení. Na projektilu můžeme sledovat drcení s abrazí levé ventrální hrany a posléze s ulomeným křídélkem. Podél hran se nachází mnoho lineárních lesků a rýh, nejvíce však v polovině ventrální strany (obrázek 113). Lze zde tedy velmi dobře vidět výrazný rozvoj mikroskopických stop užívání a jejich následné smazání abrazí (Obrázek 112). Na bazi šipky se nachází pár drobných příznaků užívání.



**Obrázek 111: Šipka č. 28 ventrálně (vlevo) a dorsálně (vpravo).**



**Obrázek 112: Výrazné oleštění s lineárními rýhami u levé ventrální hrany pod oblastí lomu hrotu šipky č. 28.**

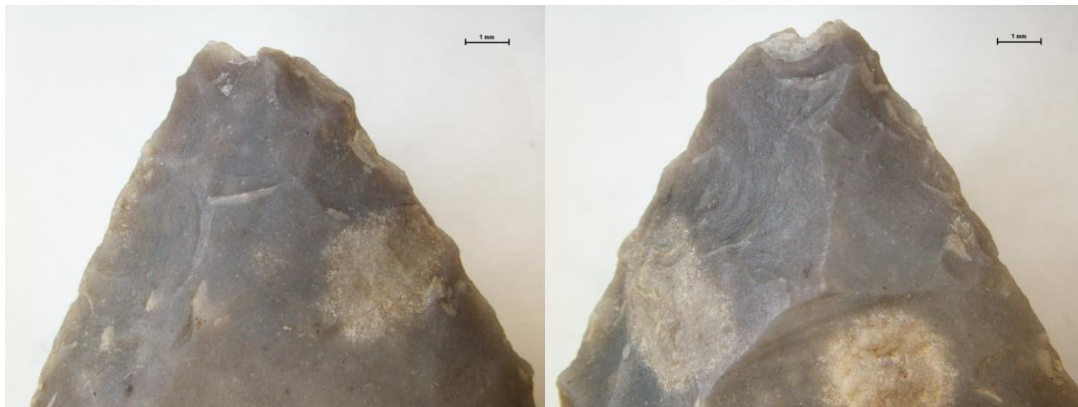


**Obrázek 113: Výrazné oleštění s množstvím drobných lineárních rýh u levé ventrální hrany šipky č. 28.**

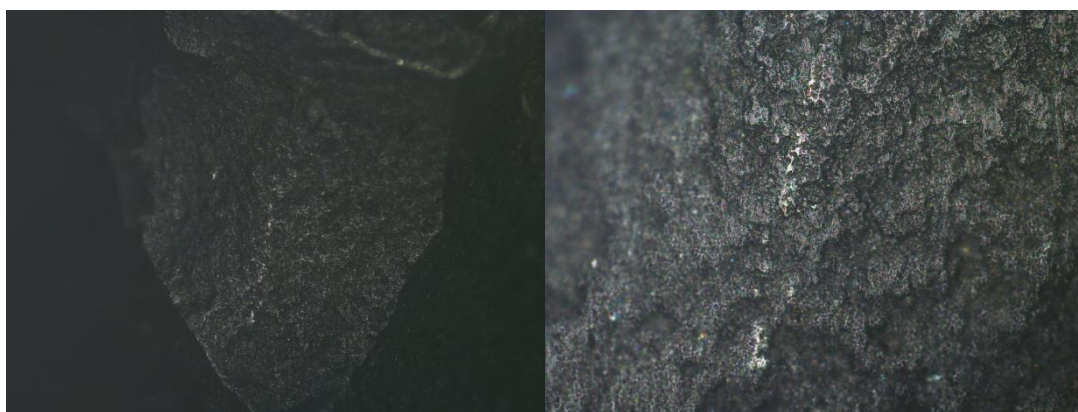
#### **5.1.2.15 Šipka č. 29**

Šipka č. 29 byla vystřelena celkem 38x a nebylo nutné ji opravovat. Na hrotu opět můžeme pozorovat drcení, které je na ventrální straně

obohacené o drobný *step* (Obrázek 114). Pod oblastí lomu hrotu a podél hran se nachází množství drobných lineárních lesků bez výraznějších rýh (Obrázek 115).



Obrázek 114: Šipka č. 29 ventrálně (vlevo) a dorsálně (vpravo).

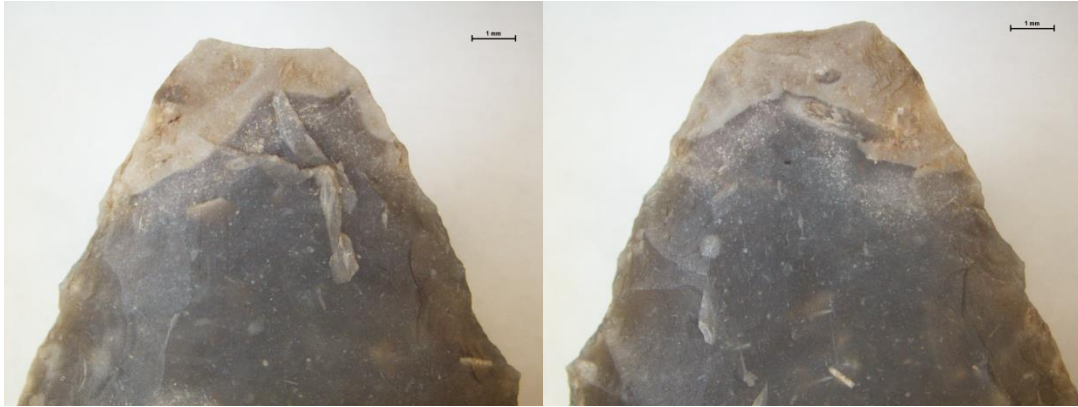


Obrázek 115: Drobný lineární lesk pod oblastí lomu hrotu ventrální strany šipky č. 29.

#### 5.1.2.16 Šipka č. 30

Šipka č. 30 byla vystřelena celkem 7x, přičemž jsem ji musel 2x přelepit. Frakturu jsem vyhodnotil jako *snap* doplněnou o drobný *step* (ventrálně). Ten vznikl pravděpodobně kombinací longitudinální síly a síly působící na pravou ventrální hranu (Obrázek 116). Na šipce se opět vyskytují podél hran a pod oblastí lomu hrotu drobnější lineární lesky a na ventrální straně dvě výrazné rýhy (Obrázek 117).





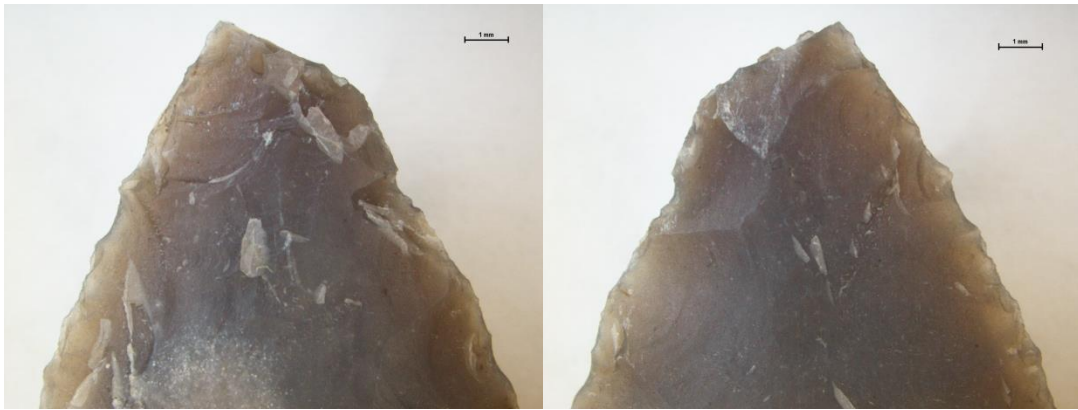
**Obrázek 116: Šipka č. 30 ventrálně (vlevo) a dorsálně (vpravo).**



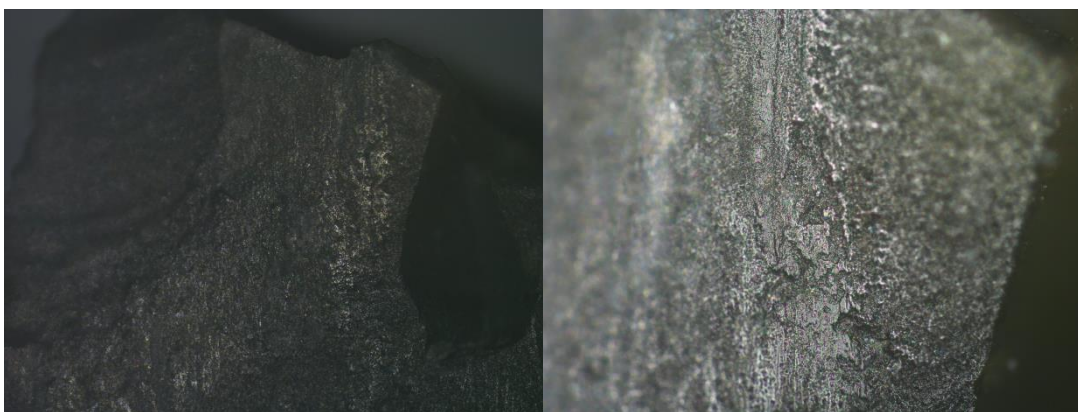
**Obrázek 117: Dvě výrazné lineární rýhy na ventrálním těle pod oblastí lomu hrotu šipky č. 30.**

#### **5.1.2.17 Šipka č. 35**

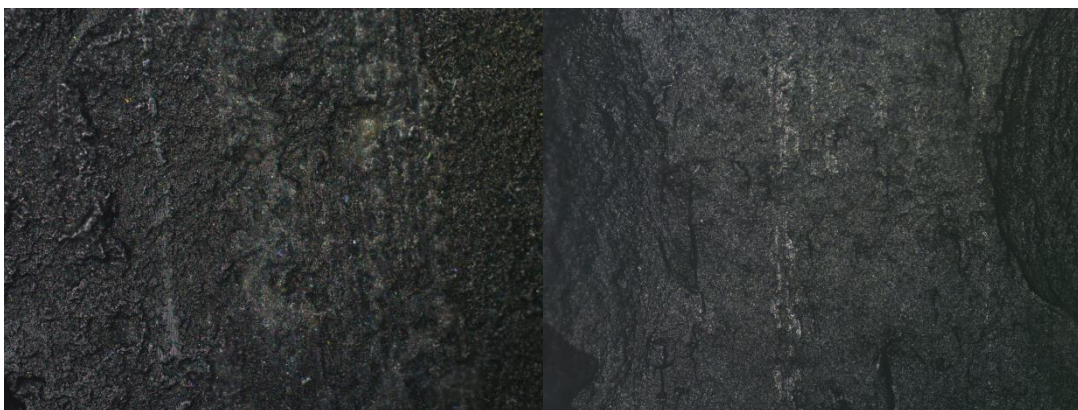
Šipka č. 35 byla vystřelena pouze jednou. Frakturu jsem vyhodnotil jako laterální (Obrázek 118). Jelikož průběh lomu není opět jednotný, mohla by být považována za drčení. Během jediného zásahu se na šípce rozvinulo množství stop. Na špičce hrotu můžeme pozorovat výrazné lesky a rýhy (Obrázek 119), na hranách jsou lineární lesky, na obou stranách se pak objevují lineární rýhy na těle šipky (Obrázek 120). Jedná se o jedny z nejrozvinutějších stop užívání v tomto souboru a to během jednoho výstřelu.



**Obrázek 118: Šipka č. 35 ventrálně (vlevo) a dorsálně (vpravo).**



**Obrázek 119: Výrazné lesky s lineárními striemi pod oblastí lomu hrotu na ventrální straně šipky č. 35.**



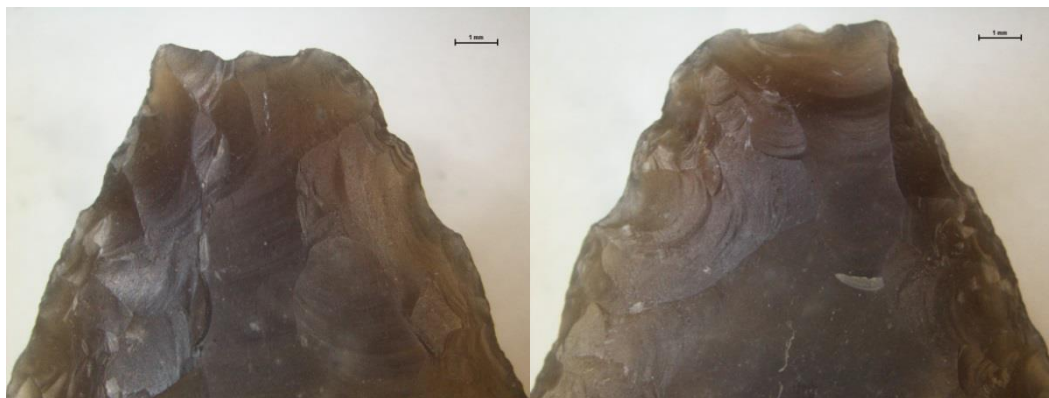
**Obrázek 120: Formace lineárních lesků a strií na ventrální (vlevo) a dorsální (vpravo) straně těla šipky č. 35.**

#### **5.1.2.18 Šipka č. 37**

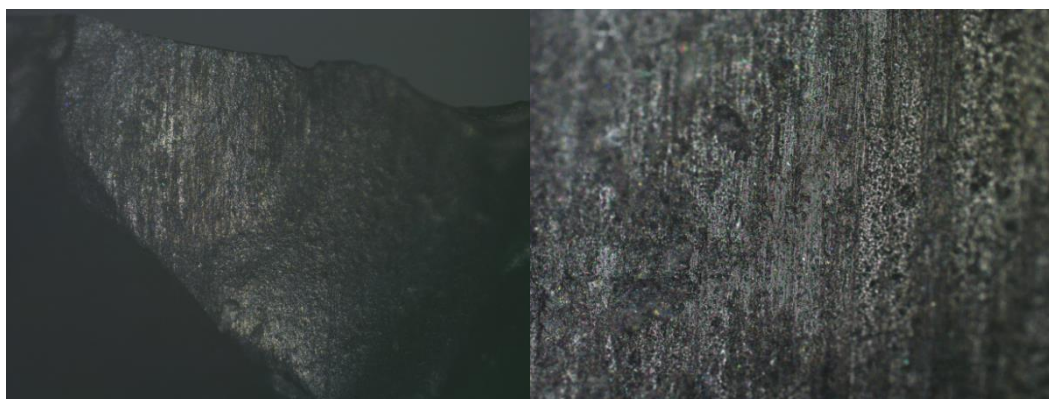
Šipka č. 37 byla vystřelena 35x, z čehož ji bylo nutné 3x přelepit. Frakturu jsem vyhodnotil jako *feather* (Obrázek 121). Kolem hrotu šipky



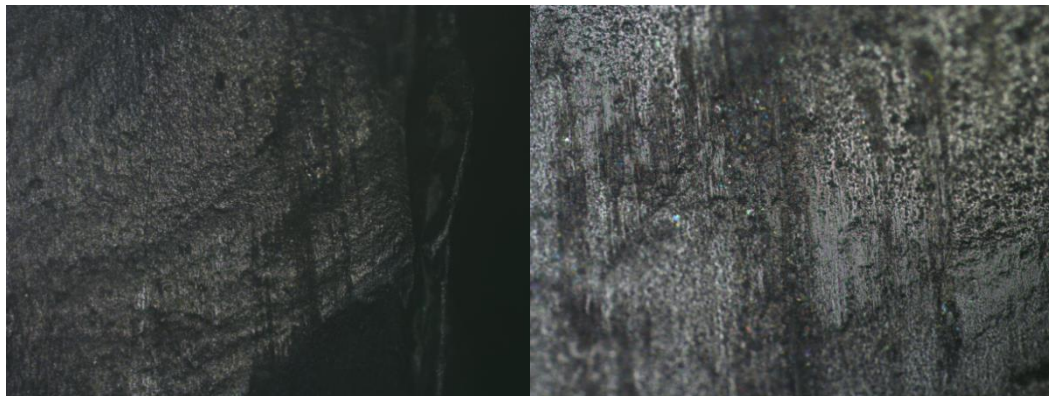
se nachází množství lineárních rýh a lesků (Obrázek 122). Lesky a rýhy se nachází i na obou stranách kolem hran šipky (Obrázek 123). Na ventrální straně se vyskytuje lesk i na těle šipky. Na bazi se nachází drobné příznaky užívání.



**Obrázek 121: Šipka č. 37 ventrálně (vlevo) a dorsálně (vpravo).**



**Obrázek 122: Výrazné oleštění s množstvím drobných lineárních strií v oblasti pod lomem hrotu ventrální strany šipky č. 37.**



**Obrázek 123: Výrazné lineární rýhy u levé ventrální hrany šipky č. 37.**

## 5.2 Trvanlivost šipek

Poškození všech 36 hrotů trvalo 9 dní a byly přitom 639x vypáleny, z toho uvolněné šipky 44x znovu připevněny zpět k ratišti. Šipky užívané k rituální střelbě vydržely 3,3x více výstřelů a vyžadovaly mnohem méně oprav (průměrně každý 23,3 výstřel oproti 6,5 u střelby do prasete).

**Tabulka 3: Absolutní četnosti zásahů pro simulaci boje.**

Šipka	Letů	Přelepena	Rozštípla ratiště	Prase	Zem	Dřevo
1	11	1	0	9	2	0
4	4	1	1	2	1	1
6	11	0	0	9	2	0
8	1	0	0	1	0	0
11	11	1	0	8	4	0
12	38	2	0	30	8	0
14	4	0	0	3	1	0
17	8	0	0	5	3	0
19	13	5	0	10	3	0
20	1	0	0	0	1	0
23	5	0	0	2	3	0
24	2	0	0	0	2	0
25	3	1	1	3	0	0
31	1	0	0	1	0	0
32	9	1	1	6	2	1
34	22	11	0	17	5	0
36	3	0	0	1	2	0
38	2	0	0	2	0	0
Celkem	149	23	3	109	39	2

Při simulaci boje bylo 18 šipek vystřeleno 149x a 23x bylo potřeba uvolněnou šipku znovu připevnit (Tabulka 3). Životnost šipek se pohybovala mezi 1 a 38 výstřely, přičemž průměr byl 8,3, mediánní hodnota 4,5 výstřelu a směrodatná odchylka  $SD = 9,25$ . Rozvoj poškození projektilů byl velmi závislý na místě dopadu střely, tedy povaze cíle. Kupříkladu zásah hlavy, byl pro šipky relativně fatální, neboť kolem nejsou žádné měkké tkáně, které by snížily kinetickou energii soustavy před střetem s robustní kostí. Oproti tomu zásah boku většinou nebyl provázen frakturou, neboť je zde velká vrstva masa a tuku, která šíp



zbrzdí. Cíl byl celkem 109x zasažen. Ostatními výstřely byla zasažena zem nebo dřevěný rám, na němž byl cíl zavěšen. Toto samozřejmě způsobilo smíšení signálů na inkriminovaných šípkách.

**Tabulka 4: Absolutní četnosti zásahů pro simulaci rituální střelby.**

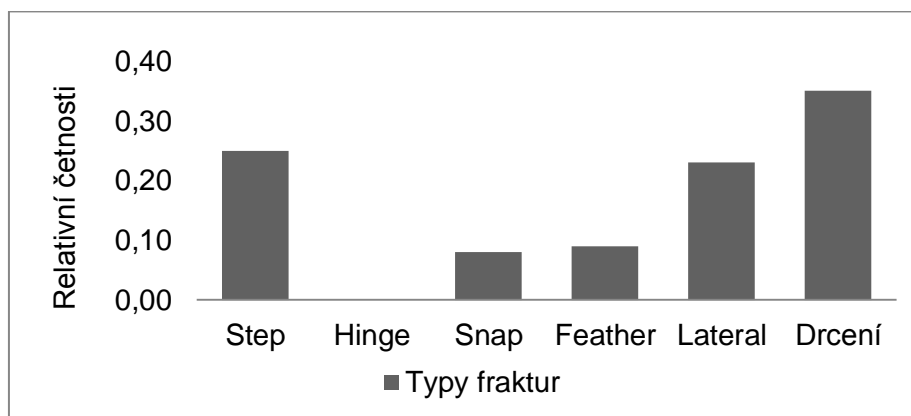
Číslo šípky	Letů	Přelepena	Rozštípla ratiště	Prase	Zem	Dřevo
2	8	4	0	-	8	0
5	34	0	0	-	34	0
7	18	0	0	-	18	0
9	69	0	0	-	69	0
10	11	0	0	-	11	0
13	18	0	0	-	18	0
15	10	2	0	-	10	0
16	18	0	0	-	18	0
18	41	0	0	-	41	0
21	23	3	0	-	23	0
22	26	2	0	-	26	0
26	38	1	1	-	38	0
27	41	1	0	-	41	0
28	54	2	0	-	54	0
29	38	0	0	-	38	0
30	7	2	0	-	7	0
35	1	1	1	-	1	0
37	35	3	0	-	35	0
Celkem	490	21	2	-	490	0

V rámci rituálního válečnictví bylo všech 18 šípů vystřeleno 490x a 21x bylo potřeba uvolněnou šípku připevnit zpět k ratišti (Tabulka 4). Životnost projektilů se pohybovala mezi 1 a 69 výstřely, průměrně 27,2, mediánní hodnota je 24,5 výstřelu a směrodatná odchylka SD = 17,9. Při střelbách došlo ke ztrátě jednoho projektilu (šípka č. 26), jež se mi ani po usilovném hledání nepodařilo nalézt.

### 5.3 Fraktury a stopy užívání

Na 35 šípkách se celkem vyskytuje 5 typů fraktur: *step*, *snap*, *feather*, laterální a drcení (Graf 10). *Hinge* fraktura nebyla identifikována ani jedna. V celém souboru převažuje drcení (35 %), *step* fraktury (25 %)

a laterální fraktury (23 %) (Tabulka 5). V 53 % se jedná o fraktury, které nebývají považovány za indikativní pro funkci projektilu. Nutno poznamenat že klasifikace fraktur v tomto souboru může být předmětem diskuze (viz níže).



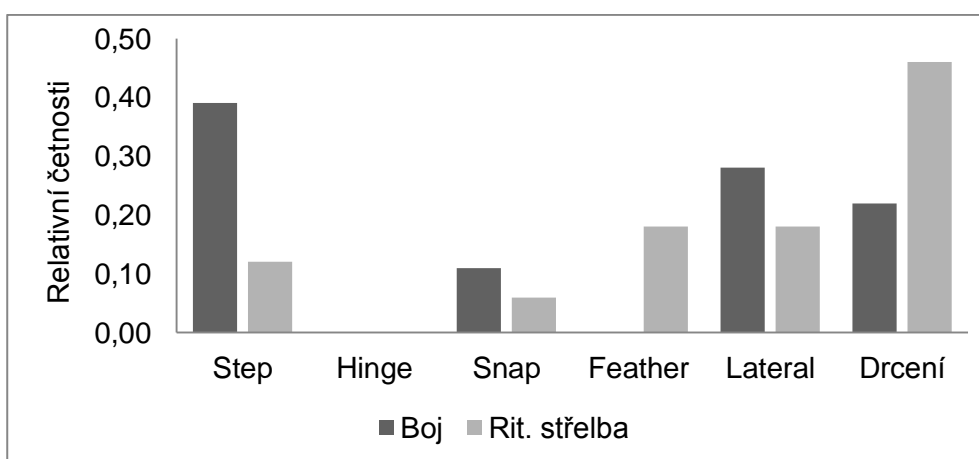
**Graf 10: Relativní četnosti fraktur.**

**Tabulka 5: Absolutní a relativní četnosti fraktur pro skupiny.**

Fraktura	Zblízka/ Boj		Do dálky/ Rit. střelba		Celkem
	Absolut.	Rel.	Absolut.	Rel.	
<i>Step</i>	7	0,39	2	0,12	0,25
<i>Hinge</i>	0	0,00	0	0,00	0,00
<i>Snap</i>	2	0,11	1	0,06	0,08
<i>Feather</i>	0	0,00	3	0,18	0,09
Laterální	5	0,28	3	0,18	0,23
Drcení	4	0,22	8	0,47	0,35
Celkem	18	1,00	17	1,00	1,00

U simulace boje převažují ohybové fraktury se *step* zakončením (39 %), laterální fraktury (28 %) a drcení (22 %) (Tabulka 5). *Snap* fraktura byla identifikována pouze u dvou šipek (11 %), *feather* zakončení fraktury žádné. U simulace rituálního boje převažuje drcení (47 %). *feather* zakončení (18 %), laterální fraktura (18 %) a *step* zakončení (12 %) se vyskytují relativně shodně. *Snap* fraktura byla identifikována pouze jedna (6 %). V grafu 11 můžeme vidět relativní četnosti fraktur pro

obě skupiny, kde pro simulaci boje převažuje *step* zakončení ohybových fraktur, u rituální střelby převažuje drcení. Z grafu je ovšem jednoznačně zřejmé, že tyto znaky v rámci mého pokusu nejsou ani výlučné, ani dostatečně převažující. Toto potvrzuje i Fisherův exaktní test ( $p = 1$ ). Neboli, specifické lukostřelecké chování zde pravděpodobně má tendenci vykazovat určité znaky, ty ovšem nejsou ani výlučné, ani dostatečně převažující abychom je mohli zpětně asociovat s tímto lidským chováním.



**Graf 11: Relativní četnosti fraktur pro skupiny.**

Nutno zde znovu poznamenat smíšení signálů. Jen 4 šipky u simulace bojového chování zasáhly pouze cíl a nic jiného. U těchto se vyskytují *step* zakončení ohybových fraktur (50 %), *snap* fraktura (25 %) a laterální fraktury (25 %). Na základě Fisherova exaktního testu se domnívám, že se četnosti fraktur výrazně neliší od celé skupiny šipek simulujících boj ( $p = 0,16$ ).

Lineární lesky a rýhy (Tabulka 6) pod oblastí hrotu se vyskytují celkem ve 25 případech (71 %). Konkrétně pak u 72 % šipek užívaných pro simulaci boje a 71 % šipek užívaných pro simulaci rituální střelby. Šipek, které mají většinu svého povrchu (myšleno pouze jemnozrnného – amorfního, který dovoluje rozvoj takovýchto stop, ne hrubozrnného) pokrytou lineárními stopami užívání, je celkem 28 (80 %). V souboru se tedy jedná o velmi rozšířený znak, což můžeme přičíst buď relativně

vysokému počtu výstřelů, nebo kontaktu se zeminou u většiny šipek (89 %). Konkrétně se pak znak vyskytuje u 67 % šipek užívaných pro simulaci boje a u 94 % šipek užívaných pro simulaci rituální střelby. Fisherův exaktní test opět nepotvrdil rozdíl ve výskytu mikroskopických stop mezi oběma skupinami ( $p = 0,31$ ).

Nutné je zde opět vyčlenit šipky užívané pro simulaci boje, které přišly do kontaktu pouze s cílem. Ze 4 šipek se vyskytuje pouze u jedné (25 %) lineární rýha pod oblastí lomu hrotu a u žádné nebyly pozorovány lineární oleštění na zbytku povrchu. Domnívám se, že se zde jedná o rozdílné četnosti výskytu, což podporuje i výsledek Fisherova exaktního testu ( $p = 0,24$  pro srovnání se zbytkem skupiny simulující boj a  $p = 0,04$  u srovnání s rituální střelbou).

**Tabulka 6: Absolutní a relativní četnosti lineárních rýh a lesků pro skupiny a fraktury.**

		Počet fraktur	Lineární lesky a rýhy				
			Pod hrotem		Všude		
			Absolut.	Relat.	Absolut.	Relat.	
<b>Zblízka/ Boj</b>	<i>Step</i>	7	5	0,38	4	0,33	
	<i>Snap</i>	2	1	0,08	1	0,08	
	<i>Feather</i>	0	0	0,00	0	0,00	
	Laterální	5	4	0,31	3	0,25	
	Drcení	4	3	0,23	4	0,33	
	Celkem	18	13	0,72	12	0,67	
	Pouze se zásahem cíle	<i>Step</i>	2	0	0,00	0	0,00
	<i>Snap</i>	1	0	0,00	0	0,00	
	Laterální	1	1	1,00	0	0,00	
	Celkem	4	1	0,25	0	0,00	
<b>Do dálky/ Rituální střelba</b>	<i>Step</i>	2	0	0,00	2	0,13	
	<i>Snap</i>	1	1	0,08	1	0,06	
	<i>Feather</i>	3	2	0,17	3	0,19	
	Laterální	3	3	0,25	3	0,19	
	Drcení	8	6	0,50	7	0,44	
	Celkem	17	12	0,71	16	0,94	

### 5.3.1 Hypotéza 1

- Střelba do těla savce (simulace boje) se bude projevovat *step* a *hinge* frakturami s lineárními rýhami pod oblastí lomu.

V rámci experimentu došlo ke smíšení stop boje a rituální střelby (Tabulka 3), což ztěžuje vyhodnocení první hypotézy. Vliv zkreslení je zde jistě značný. Ukazuje to především nízký výskyt lineárních lesků a rýh pod oblastí lomu hrotu v podsouboru šipek, které zasáhly pouze cíl (25 %) (Tabulka 6) a absence lesků po celém povrchu šipky (tamtéž). V porovnání s celým souborem simulujícím boj, kde je výskyt lineárních lesků a rýh pod oblastí hrotu 72 % a výskyt lineárního oleštění na většině plochy projektilu 67 %, jde o četnosti minimální. Ze 4 šipek, které byly v kontaktu pouze s cílem, došlo u 2 k indikativní fraktuře (*step*), kdy ani u jedné z nich není doplněna o lineární lesk pod oblastí lomu. Domnívám se, že z hlediska nepoměrné velikosti tohoto souboru nemohu zodpovědně vyhodnotit první hypotézu.

Pokud bychom posuzovali první hypotézu z hlediska celého souboru 18 šipek, nezávisle na druhu kontaktních materiálů – jako střelbě z blízka s aspirací na zásah tkání, nebyl by výsledek nijak přesvědčivější (Tabulka 5 a 6). *Hinge* zakončení se neobjevilo žádné. *Step* zakončení fraktur byly identifikovány u 7 z 18 šipek (tedy u 39 %), 5 z těchto sedmi šipek (tedy 71 %) je doprovázeno lineárním leskem pod oblastí hrotu. 4 z 5 šipek jsou dále provázeny lineárními lesky po celé ploše šipky. *Step* zakončení fraktur s lineárními rýhami pod oblastí lomu se tedy celkem vyskytla u 5 šipek z 18, což představuje 27 %. Z tabulky 7 a grafu 11 je zřejmé, že tento druh střelby se sice projevuje *step* zakončeními s lineárními rýhami pod oblastí lomu, ovšem nijak přesvědčivě. Svědčí pro to i fakt, že laterální fraktury a drcení (předpoklady druhé hypotézy) se v tomto souboru vyskytují v 50 % a doprovází je lineární lesky a rýhy pod oblastí lomu hrotu v cca 75 %. Jak již bylo uvedeno, Fisherův exaktní

test neukázal žádný rozdíl mezi skupinami ( $p = 1$  pro fraktury a  $p = 0,31$  pro lineární stopy,  $p = 0,70$  pro kombinaci obou).

**Tabulka 7: Tabulka absolutních četností stop opotřebení pro simulaci boje.**

Šipka	Fraktura	Lin. pod hrotem	Lin. všude	Křídélko	Baze
1	lateral	1	1	0	1
4	lateral	0	0	0	0
6	drcení	1	1	0	0
8	<i>snap</i>	0	0	0	0
11	<i>snap</i>	1	1	0	1
12	<i>step</i>	1	1	0	1
14	lateral	1	1	0	1
17	<i>step</i>	1	0	0	0
19	lateral	1	1	0	1
20	<i>step</i>	1	1	0	0
23	drcení	0	1	0	0
24	drcení	1	1	0	1
25	<i>step</i>	0	0	0	0
31	lateral	1	0	0	0
32	<i>step</i>	1	1	0	1
34	<i>step</i>	1	1	0	0
36	drcení	1	1	0	0
38	<i>step</i>	0	0	0	0
Celkem		13	12	0	7

### 5.3.2 Hypotéza 2

4. Střelba do dálky (simulace rituální střelby) se bude projevovat laterálními frakturami a drcením s lineárními rýhami na celém těle šipky.

Tato hypotéza by se na první pohled zdála jako platná. Střelba do dálky se skutečně vyznačuje laterálními frakturami (25 %) a drcením (50 %, tedy 75 % dohromady), u nichž se lineární rýhy na celém těle šipky vyskytují v 94 % (konkrétně 100 % a 87,5 %) (Tabulka 5 a 6). Celkem je tedy v souboru 10 šipek ze 17 s laterální frakturou, či drcením, doplněnou o lineární rýhy na celém těle šipky, tedy 59 %. Naopak *step* zakončení fraktur byly identifikovány pouze dvě. Z grafu 11 je ovšem



zřejmé že povaha fraktur v tomto experimentu je spíše kontinuální s náznakem trendů, což potvrzují i výsledky testů (viz výše).

Pokud bychom do srovnání postavili šipky užívané k simulaci rituální střelby proti podskupině šipek simulujících boj, které byly v kontaktu pouze s cílem, trend lineárních lesků a rýh by se zdál jasný. 0 % šipek simulujících boj vykazuje lineární lesky a rýhy na většině plochy, ale u šipek simulujících rituální střelbu 94 %. 25 % šipek simulujících boj vykazuje lineární rýhy pod oblastí lomu, ale 72 % šipek simulujících rituální boj. Z tohoto by mohlo vyplývat, že střelba do dálky se nevyznačuje jednoznačně charakteristickými znaky makrofraktur, ale celkově je mnohem abrazivnější k povrchu šipek, což dokazuje výskyt mikroskopických stop užívání v podobě lineárních lesků a rýh. Bohužel Fisherův exaktní test nenalezl mezi skupinami rozdíl ( $p = 0,31$ ).

**Tabulka 8: Tabulka absolutních četností stop opotřebení pro simulaci rituálního boje.**

Šipka	Fraktura	Lin. pod hrotem	Lin. všude	Křídélko	Baze
2	drcení	1	1	0	0
5	drcení	1	1	0	0
7	drcení	0	0	0	0
9	<i>Step</i>	0	1	0	0
10	lateral	1	1	0	0
13	drcení	0	1	0	0
15	drcení	1	1	0	0
16	lateral	1	1	0	0
18	drcení	1	1	1	0
21	<i>Step</i>	0	1	0	1
22	<i>feather</i>	0	1	0	0
26	-	-	-	-	-
27	<i>feather</i>	1	1	1	0
28	drcení	1	1	1	1
29	drcení	1	1	0	0
30	<i>Snap</i>	1	1	0	0
35	lateral	1	1	0	0
37	<i>feather</i>	1	1	0	1
Celkem		12	16	3	3

### 5.3.3 Hypotéza 3

5. Šipky s vyšším počtem výstřelů budou vykazovat větší rozvoj lesků na bazi.

Logistická regrese nepotvrdila vztah definovaný v hypotéze ( $r^2 = 0,01$ ,  $p = 0,53$ ). Z dat se naopak zdá, že vliv na rozvoj lesků baze nemá počet výstřelů, ale dopadová energie. Četnosti totiž činí pouhé 3 lesky pro střelbu rituální (průměrná životnost 27,3 výstřelů), ale 7 lesků baze pro simulaci boje (průměrná životnost 8,3 výstřelů). Tato skutečnost by byla zcela logická, neboť větší dopadová energie vyvíjí mnohem větší stres na spojení šipka-ratiště. Zajímavé je, že lesk baze nebyl pozorován ani na jedné šipce, která byla v kontaktu pouze s cílem.

### 5.4 Shrnutí výsledků

V rámci výzkumného designu došlo k několika chybám komplikujícím vyhodnocení hypotéz v tomto výzkumu. Zaprvé se v jednotlivých kategoriích vyskytují četnosti umožňující použití pouze neparametrického testu hodnotícího variabilitu. Zadruhé u skupiny šipek používaných k střelbě do těla savce došlo ke kontaminaci stop užívání u většiny projektilů. Pokud oddělíme skupinu šipek, které byly v kontaktu pouze s cílem (4), je její velikost pro srovnávání rozptylu se zbytkem souboru dle mého názoru nepoměrně malá. Domnívám se, že toto nedovoluje průkazné zhodnocení některých hypotéz statistickými testy.

Co do četností se ohybová fraktura se *step* zakončením lomu s lineárními rýhami pod oblastí lomu vyskytla u 5 šipek z 18 cílených do těla savce, což představuje 27 % (Tabulka 9). 10 šipek ze 17 střílených do dálky vykazuje laterální frakturu, či drcení, doplněnou o lineární rýhy na celém těle šipky, tedy 59 %. Fisherův exaktní test nenalezl mezi srovnávanými skupinami rozdíl. Jediný významný rozdíl se nachází

ve frekvencích fraktur mezi šipkami, které se trefily pouze do cíle a šipkami simulujícími rituální střelbu ( $p = 0,04$ ). Lesky baze se vyskytly u 13 šipek z 35, což představuje cca 37 %. Logistická regrese vyvrátila předpoklad vztahu mezi počtem výstřelů a rozvojem těchto stop ( $r^2 = 0,01$ ,  $p = 0,53$ ).

**Tabulka 9: Relativní četnosti vybraných kombinací znaků uvažovaných v hypotéze č. 1 a 2.**

	Boj		Rit. střelba
	Celkem (n=18)	Pouze cíl (n=4)	(n=17)
Step + lin. pod hrotem	0,27	0,00	0,00
Laterální + lin. všude	0,17	0,00	0,18
Drcení+ lin. všude	0,22	0,00	0,41

Výsledky naznačují, že povaha makrofraktur je kontinuální, i když se u střelby do dálky vyskytuje trend v podobě převažujícího drcení. Střelba do dálky na louce se také jeví jako mnohem abrazivnější co do počtu a rozvoje lineárních lesků a rýh po povrchu šipek. Rozvoj lesků baze a stop *haftingu* obecně se v tomto pokusu zdá být ovlivněn spíše dopadovými energiemi, než počtem výstřelů. Souhrnně toto vše zní zcela logicky. Testové statistiky ovšem nepodporují žádnou z těchto domněnek.

## 6. Diskuze

### 6.1 Srovnání s výzkumy

#### 6.1.1 Srovnání s předchozím výzkumem autora

Základní premisou vědeckého bádání je sdílení a tedy srovnávání poznatků. V tomto výzkumu došlo ke kontaminaci dat u jedné testované skupiny šipek a právě srovnání se zde zdá ku prospěchu věci. Konkrétně srovnání s mým předchozím výzkumem (Bureš 2012), na jehož základě vykrytalizoval tento. Jednalo se o experimentální střelby 12 šípů do těla savce, a přestože ne všechny výstřely zasáhly cíl, přesnost lučištníka byla vyšší. Konkrétně 3 šipky byly v kontaktu pouze s cílem. Šipka č. 2 byla vystřelena 2x a došlo u ní k fraktuře hrotu popsané jako ohybová se zakončením *multi step*. Dnes bych toto označil spíše za *snap*. Podstatnější je, že na šipce se vyskytuje jeden drobný lineární lesk pod oblastí lomu hrotu plus nesespecifická oleštění hran. Šipka č. 7 byla vystřelena 6x a k fraktuře u ní nedošlo, neboť systém střeleb byl tehdy jiný. Přesto se u šipky vyskytl těsně pod hrotem na ventrální straně drobný lineární lesk a na dorsální straně nesespecifické lesky. Šipka č. 9 byla vystřelena 5x k fraktuře u ní nedošlo. Na dorsální straně se opět vyskytl nesespecifický lesk, podobný formaci na šipce č. 7 způsobený pravděpodobně v obou případech pohybem páteře při manipulaci s cílem, v níž byli šipky zaseknuty.

Souhrnně můžeme říci, že u šipek se ve dvou ze tří případů vyskytl drobný lineární lesk pod hrotem. Žádné další lineární stopy nebyly pozorovány. Toto je v souladu s výše uvedenou tezí, že při střelbě do těla savce vzniká minimum lineárních lesků a rýh, omezených na oblast pod hrotem. Stejně je i pozorování v tomto experimentu u 4 šipek, které byly v kontaktu pouze s cílem. Co do obecných charakteristik mikroskopických stop užívání v mém předchozím experimentu lze říci, že se na šipkách vyskytovalo minimum lineárních lesků a rýh. Konkrétně se nějaká forma

této evidenci vyskytla u 50 %. Ovšem většinou šlo pouze o jediný případ na celé ploše šipky.

Plošné drobné lineární lesky se nevyskytly ani u jednoho projektilu, nezávisle na druhu kontaktních materiálů. Toto bylo pravděpodobně způsobeno koncepcí střelnice. Minulý experiment probíhal na cvičišti dobrovolných hasičů v Plzni na Košutce. Jednalo se o rovnou dlouhodobě sekanou louku. Pokud šíp minul cíl, sklouzl se po trávě a nikdy se nezabodl do země. Tento experiment probíhal na zapůjčeném pozemku v Plzni na Božkově. Pozemek byl na jaře vymýcen od křovin a travní drny tedy nedosahovali takové mocnosti a hustoty aby ochránily šipky od zabodnutí do země. Navíc bylo stříleno do mírného protisvahu. Šípy se tedy zabodávaly do země ve většině případů. Toto velmi pravděpodobně způsobilo rozdíl signálů u šipek užívaných k střelbě do těla savce, které minuly cíl v tomto a mém předchozím experimentu.

V předešlém experimentu bylo všech 12 šípů vystřeleno 78x a mediánní hodnota životnosti jedné šipky byla 5,5 výstřelu. Nutno poznamenat, že díky systému střelby nedošlo u všech projektilů k poškození hrotu a tudíž mohla být životnost šipek ještě vyšší. Mediánní hodnota životnosti v rámci simulace boje v tomto experimentu je 4,5 výstřelu. Frekvence fraktur není možno zodpovědně porovnávat, neboť ne u všech šipek v předchozím experimentu došlo k poškození hrotu. Z 6 poškozených šipek (z 12) byl u 5 (cca 83 %) pozorována *step* zakončení a jedno drcení (cca 17 %). V tomto experimentu byl *step* pozorován v 39 % a drcení v 22 % fraktur.

### **6.1.2 Srovnání s dalšími výzkumy**

Srovnání s výzkumy dalších autorů je složité. V první řadě není mnoho prací svou povahou podobných této. Těch nemnoho prací sledujících stejné cíle, tedy frekvence fraktur a mikroskopických stop poškození v komplexní lukostřelecké realitě, se zabývá morfologicky



odlišnými šipkami. Většina prací z tohoto okruhu je z devadesátých let (Fisher et al. 1984, Odell a Cowan 1986; ale i třeba Lombard a Pargeter 2008). Mladší práce se většinou omezují na zkoumání konkrétních faktorů ovlivňujících výskyt fraktur a stop užívání, kupříkladu úhlu dopadu (Iovita et al. 2014). Největším problémem ale je sledování odlišných stop a různorodá terminologie, což téměř znemožňuje jakékoliv komparace mimo srovnávání životnosti šipek. Níže uvádím přehled několika vybraných studií a případně jejich hrubé srovnání s výsledky této práce.

Pionýrskou prací v oblasti experimentální lukostřelby je studie Fishera et al. (1984), který vytvořil základní přehled typů fraktur používaný většinou autorů dodnes (viz kapitola 3. Traseologie). Mimo jiné ve svém experimentu střelily 95 Brommiánských šipek a 33 transversálních šipek do organických cílů, dřev, trávy a půdy atd. Střelby byly prováděny po jednom výstřelu s průběžným pozorováním poškození. Autoři uvádí že, co do fraktur, není možno objektivně určit druh kontaktního materiálu, nicméně je možné subjektivně odhadnout jeho tvrdost na rozmezí měkký – tvrdý. Co do frekvencí Brommiánské projektily vykazují nejvíce ohybových fraktur se *step* zakončením (39 %) a *snap* fraktury (41 %), transversální projektily fraktury se *step* zakončením (45 %). Nutno podotknout že v datech se nevyskytují četnosti pro laterální fraktury a drcení, neb autoři měli primární zájem v sledování indikativních fraktur pro funkci projektilu. Pokud přepočteme četnosti z tabulky 1 (Fisher et al. 1984: 26) pro zásahy do tkání (měkkých i tvrdých) zvířete (s větším odstupem od smrti) a trávy a půdy dostaneme hodnoty uvedené v tabulce 10 (přepočet těchto hodnot je samozřejmě diskutabilní). Z hlediska mikroskopických stop užívání není možné autory uváděná data rozdělit dle mnou uvažovaných stop, ale pouze jako pozitivně/negativně indikativní. V tabulce 3 (tamtéž: 35) lze data rozdělit pouze dle mnou uvažovaného chování nezávisle na povaze indikativních stop, přičemž při střelbě do divočáka a prasete se diagnostické stopy

nachází u 47 % Bromianských projektilů a 66 % transversálních. Střelby do trávy a zeminy zanechaly na šipkách indikativní stopy ve 20 %.

Pokud zanedbáme odlišnou morfologii šipek (což je samo o sobě velmi diskutabilní), jsou frekvence fraktur šipek pro simulaci boje relativně podobné. Vybočuje pouze frekvence *snap* fraktur (37 % pro Brommiánské šipky a 27 % pro transversální proti 11 % v mém výzkumu). Srovnání šipek, které pouze zasáhly cíl, kvůli mému malému souboru a chybějícím datům v zmiňované studii dle mého názoru není možné.

**Tabulka 10: Absolutní a relativní četnosti výskytu fraktur přepočtené z Fisher et al. (1984: 26). Zdrojová tabulka neobsahuje některé typy fraktur uvažované v tomto experimentu. V zdrojovém experimentu také nedošlo k poškození všech hrotů ve skupině, nebo ani nebylo chování testováno.**

Typ šipky	Fraktura	Boj		Rit. střelba	
		Absolut.	Rel.	Absolut.	Rel.
Brommiánské	<i>Step</i>	26	0,41	1	0,14
	<i>Hinge</i>	2	0,03	0	0,00
	<i>Snap</i>	23	0,37	0	0,00
	<i>Feather</i>	0	0,00	0	0,00
	Šipek	63		7	
Transversální	<i>Step</i>	14	0,48	-	-
	<i>Hinge</i>	2	0,06	-	-
	<i>Snap</i>	8	0,27	-	-
	<i>Feather</i>	2	0,06	-	-
	Šipek	29		-	

Simulace rituální střelby se mezi výzkumy zdánlivě liší. Četnosti fraktur (1 u Fisher et al. 1984 a 6 v tomto výzkumu pro 4 uvažované typy fraktur) ovšem dle mého názoru nedovolují zodpovědné zhodnocení. U skupiny simulující rituální střelbu také pro porovnání výrazně chybí údaje o případném drcení ve srovnávaném výzkumu. Tento typ chování se také zdánlivě výrazně liší ve frekvenci lineárních stop. U Brommiánských šipek bylo pozorováno 20 % šipek vykazujících pozitivně indikativní stopy. V mém experimentu se jedná o 48 % (mezi uvažovanými typy fraktur). Případný vliv počtu výstřelů nelze zhodnotit, neboť tyto data ve srovnávaném výzkumu chybí. Možný je i vliv koncepce

střelnice, tedy úhlu dopadu, mocnosti kořenových systémů a složení půdy. To by podporovala i výrazná absence fraktur u šipek střílených do trávy a země ve zmiňovaném výzkumu.

Podobně složitá je situace i u další pionýrské situace experimentální lukostřelby Odell a Cowan 1986. Autoři testovali chování 55 bifaciálně retušovaných šipek a 21 nemodifikovaných úštěpů při střelbě do zvířecích tkání. Mezi těmito skupinami našly významné rozdíly v životnosti, co se týče opracování, tvaru (d/s index) a úhlu hrotu. Autoři referují o 28,6 % *step/hinge* zakončeních fraktur, 10,2 % *snap* frakturách, 30,6 % *snap-and-step*, 2 % s *feather* zakončením, 4,1 % *burinací* (podobné laterální) a 12,2 % drcení. Rozdílná klasifikace fraktur zde působí problémy pro srovnání. Z údajů nejde úspěšně vydělit poškození uvažovaná v tomto výzkumu. Co se týče mikroskopického poškození, referují autoři o 8,2 %, jedná se ovšem o mikroskopické fraktury hrotu. Autoři referují i o poškození bazí, ale opět v intencích fraktur a ne mikroskopických stop užívání, jako lesků lineárních i nespecifických, či rýh. Jimi zkoumané šipky byly náchylnější k frakturám baze díky své morfologii (řapu).

Životnost šipek Odell s Cowanem (tamtéž) uvádějí průměrně 3,65 pro retušované šipky a 2,03 výstřelu u minimálně modifikovaných úštěpů. V tomto experimentu je životnost šipky v celé skupině simulující rituální boj průměrně 8,3, tedy nepoměrně více. Oproti tomu průměrná životnost šipek, které byly v kontaktu pouze s cílem je 1,75, tedy nepoměrně méně. U tohoto je zarážející, že Odell s Cowanem používali silnější luk a k frakturám by mělo docházet častěji. Rozdíl může být způsoben jak morfologií střel, jiným cílem ale i specifičností mého podsouboru. Šipky, které zasáhly pouze cíl, se také dají označit jako šipky, které se poškodily dříve, než jsem minul. Tedy šipky s minimální životností.

Rozdílná terminologie a sledování různých stop situaci neulehčuje ani při srovnávání s modernějšími studii. Kupříkladu Lombard a Pargeter (2008) testovaly chování úštěpů nalezených v Howiesnově soutěsce (jižní Afrika) ve čtyřech různých typech uchycení, které považují za jedny z nejranějších důkazů projektilových technologií. 33 úštěpů složily do 27 ratišť, které byly do těla antilopy stříleny speciálním zařízením omezujícím proměnlivost výstřelů. Průměrná životnost šípů byla 6,1 výstřelu, tedy nepoměrně více než v předchozích studiích, ale ne zcela blízké mé hodnotě 8,3 výstřelu. V tabulce 2 (tamtéž: 2528) udávají 3 % ohybových fraktur se *step* zakončením, 20% *snap*, 10 % fraktur s *hinge/feather* zakončením, 26 % *burinaci*, 10 % jednostranný *spin-off*, atd. V případě ohybových *step* fraktur se jedná o mnohem menší četnosti jak v porovnání s mým experimentem, tak s výše uvedenými. Naopak se v souboru vyskytuje vyšší míra *burinace* (laterálního drcení) ve srovnání s výše uvedenými, ale srovnatelná s mým experimentem.

Ostatně při hrubém porovnání s výše uvedenými studii je zřejmé, že četnosti výskytu fraktur jsou značně proměnlivé. Důvod této variability je prozatím nejasný. Některé studie (kupříkladu Fisher et al. 1984) uvádí, že vliv morfologie projektilu je zanedbatelný. Jiné uvádějí statistický rozdíl (kupříkladu Odell a Cowan 1986). Obecně můžeme předpokládat vliv nastavení lukostřelecké situace (tedy rychlosti projektilu potažmo dopadové energie, úhlu dopadu, vlastnostech cíle, atd.), jak dokazuje lovita et al. (2014).

V rámci zde srovnávaných výzkumů je třeba srovnat i skupinu simulující rituální střelbu se stopami, které na silicitech mohou zanechat postdepoziční procesy. Zaměřme se pouze na stopy sledované v tomto experimentu, tedy fraktury a lineární lesky a rýhy. Fraktury se mohou vyskytnout především v souvislosti *tramplingem* (vystavení pazourků v povrchových vrstvách tlaku šlapáním). Ve své experimentální studii popisuje Pargeter (2011) výskyt *snap* fraktur, drobných vroubků

a *hinge/feather* zakončené fraktury (od nejvyšších po nejmenší, respektive 72 % – 2 % dle materiálu a tlaku síly). *Step* zakončené fraktury a laterální drčení se příležitostně vyskytovalo v jednotkách procent, pravděpodobnost záměny *tramplingu* a užívání tedy považuje za minimální. McPherron et al. (2014) dává do souvislosti poškození hran *tramplingem* s tvrdostí materiálu a úhlem hran kdy tvrdší materiál s tupější hranou je logicky odolnější. Burrioni et al. (2002) poskytuje výčet možných činitelů na změnu tvaru a povrchu šipky během jejího uložení pod zemským povrchem, jež dělí na termální, tribologické a chemické. Co do fraktur se mohou projevit termální a tribologické, tribologické pak i v rámci lesků a rýh. Obecně projevy tafonomických procesů nejsou konstantní co do míry opotřebení. Míra opotřebení ovšem roste spolu s velikostí zrn v matrixu, kde je předmět uložen. Nutno poznamenat že jemné amorfni silicity jsou rezistentnější, než hrubozrnné. O lescích a rýhách, jako následcích abraze, autor uvádí (tamtéž), že jsou náhodné, ale obyčejně přítomné. Mohou být i vzácné, ale vždy jsou přímo závislé na tvrdosti, tvaru a rychlosti pohybu zrn sedimentu. Neboli mohou být přítomny na většině silicitů v souboru v různé intenzitě a při zkoumání stop užívání tvořit tzv. pozadí, tedy šum stop. Klíč k rozeznání tohoto šumu lesků a rýh od stop užívání (kupříkladu velkému množství drobných lineárních lesků na ploše šipky) je dle mého v jejich náhodnosti. Náhoda ve většině případů nebude produkovat konstantní lineární formace.

### 6.1.3 Srovnání s archeologickými nálezy

Šipky nalezené v archeologických kontextech obecně vykazují velmi málo stop užívání. U kultury zvoncovitých pohárů to platí stejně. Sosna (2012) uvádí u 32 šipek 41 % šipek opotřebovaných a pouze 19 % diagnostikoval jako projektily. Nutno podotknout že artefakty pocházely z hrobových kontextů. U 10 šipek, kde se vyskytla fraktura je nejčastějším typem je *snap* (60 %), ohybová se *step* (20 %), *feather* a laterální se vyskytly rovnocenně (10 %), což se nepodobá žádnému z uvedených experimentálních výzkumů ani mému souboru. Lineární lesky a rýhy



paralelně s longitudinální osou šipky pozoroval Sosna (tamtéž) na 9 % šipek. V celém souboru 32 artefaktů se ovšem nachází pouze jedna šipka vykazující frakturu i lineární stopy užívání. Na jedné jiné šipce našel stopy *haftingu*. Opět velmi nepodobné s četnostmi v mém experimentu. V jiném svém textu Sosna a Sládek (2010) referuje o 79 šípkách z pohřebních kontextů 15 nalezišť, kde je zařazen i výše zmíněný soubor. Stopy užívání diagnostické pro funkci projektilu uvádí u 22 %, přičemž pouze 6,3 % vykazuje *step* fraktury a laterální fraktury a 15,2 % vykazuje evidenci lineárních lesků a rýh. Opět zde nalézám téměř nulovou vazbu mezi frakturami a mikroskopickými stopami užívání. Celkově se tedy opotřebením šipek v mém experimentu nepodobá opotřebením pozorovaným na artefaktech z hrobových kontextů.

V jedné ze svých posledních prací se Sosna a Spatzier (in press) zabývají souborem 55 šipek z Německého naleziště Pommelte-Zackmunde, které byly převážně nalezeny v prostoru kruhové jámy. Autoři uvádějí 26 makrofraktur, nejvíce *snap* (34 %), ohybových se *step* zakončením (27 %), *feather* a *hinge* zakončením (9 %), *burinace* (8%). Pouze 4 šipky s lineárními rýhami paralelně s longitudinální osou projektilu. Jediná šipka vykazovala lineární rýhu a frakturu (*snap* se *spin-off*). Na 78 % šipek bylo identifikováno bodové tření a 56 % vykazovalo nějaké specifické a nespecifické lesky. Celkem 24 šipek (44 %) vyhodnotili autoři s přihlédnutím k různým stopám jako používané. Mé výsledky jsou opět u obou skupin jinde.

## 6.2 Problémy výzkumu

V rámci výzkumu byly zmíněny mnohé problémy, které mohou mít vliv na jeho výsledky. Tyto a některé další, které považuji za významné, si dovoluji shrnout v následující podkapitole. Spíše než jejich výčet je smyslem níže uvedeného textu zdůraznit možný vliv na sbíraná data a jejich vyhodnocování. Problémy jsou dále členěny do tří podsekcí:

výroba, střelby a sběr a vyhodnocení dat. Některé problémy jsou pouze dílčí, jiné ovšem prostupují všechny části výzkumu. Většinu z nich jsem bohužel mohl ovlivnit, či úplně vyfiltrovat, důkladnější metodologickou přípravou. Pravdou je, že jsem se v počátečních fázích výzkumu soustředil spíše na realizaci experimentu, než na všechna možná úskalí této velmi komplexní a složité tematiky.

### **6.2.1 Problémy výroby**

Prvním problémem výroby je samotný výběr materiálu. Na své cestě na Rujánu jsem vybral pazourek relativně tvrdý a nehomogenní. Tvrdost a nehomogenita materiálu ovlivnila experiment v několika fázích. Především se mi nedařilo štípat surovinu parohovým retušérem. Toto může mít vliv na morfologii jednotlivých šipek. Konkrétně na úhly hran a profily jednotlivých jizviček po úštěpech. Použitý měděný retušér také díky své větší tvrdosti pravděpodobně hrany více drtil. Toto může mít pozdější vliv na formování stop užívání. Nehomogenita materiálu také přímo ovlivňuje rozvoj fraktur, jak dokazuje kupříkladu šipka č. 28. Zároveň ovlivňuje rozvoj lesků a rýh, neboť hrubozrný materiál je k nim částečně rezistentní a dále znemožňuje jejich pozorování, jak dokazuje kupříkladu šipka č. 27.

Problémem je i výběr a zpracování ratišť. Přesto že jsem se snažil být co nejpečlivější, do střeleb se dostala vadná ratiště, jak dokazuje příběh šipky č. 26. Přirozená strukturní různorodost materiálu mohla i způsobovat větší zanášení, či odskok od luku, což způsobovalo odchylky od ideální dráhy letu. To mohlo mít za následek větší stranovou zátěž některých hrotů šipek, či častější minutí v případě simulace bojové střelby. Nutno podotknout že v případě ratišť z „klacku“ je nemožné dosáhnout v sadě 36 šípů jednotného průměru, váhy, spinu a průhybu.

Dalším problémem je zhotovování zářezů pro jednotlivé šipky. Jelikož mezi sběrem materiálu (ratišť) a zhotovováním zářezů byla

časová prodleva, pruty ztratily velkou část své vlhkosti a ztvrdli. Z časových důvodů jsem se proto rozhodl pro opracování nožem, namísto pazourkové čepelky. Pokud bych zářezy pro šipky zhotovoval kamenným nožem, vnitřní povrch ratišť by byl mnohem otřepanější a dost možná by v něm zbyly i nějaké úštěpky pracovního nástroje. Ty by následně působily jako abrazivní činitele na povrch šipky. To by pravděpodobně následně vedlo k většímu rozvoji stop po uchycení šipek, konkrétně tedy lesků na bazích.

V neposlední řadě je tu i otázka správného zpracování březového lepidla. Pokud jsem při destilaci dehtu překročil dané rozmezí teplot, bylo pravděpodobně mnohem křehčí, což by způsobilo častější vypadávání šipek z ratiště. To by následně mohlo mít vliv na rozvoj lesků baze. Tento vliv by nemusel být ani systémový. Mohl se projevit pouze u skupiny simulující boj, kdy byl tento spoj více namáhán, než při simulaci rituální střelby.

### **6.2.2 Problémy střelb**

Pravděpodobně největším problémem střelb je jejich systém. Tedy střílení šípů až do viditelného poškození kamenného hrotu. Toto způsobilo, že celý příběh šipky se scvrkl do jednoho chaotického obrazu. Toto můžeme pozorovat kupříkladu na šipce č. 28, kde došlo k výraznému rozvoji lineárních stop a jejich následnému částečnému smazání abrazí hrany. Pokud by střelby byly nastavené po jednom výstřelu s průběžným snímáním z ratiště a pozorováním pod mikroskopem, mohl být zachycen celý postupný vývoj stop v reálných krocích, ne až výsledek mnoha dílčích, komplexních a různorodých událostí. Cenné by toto bylo především v případě střelby do těla savce, kde došlo k zpětně nerozeznatelnému smíchání kontaktních signálů.

Druhým problémem střelb je výběr cíle, který svou tvrdostí a strukturou přímo podmiňuje rozvoj stop užívání. Toto nejspíš způsobilo

největším překvapení tohoto experimentu: velmi vysokou životnost šipek. Odell (1984) udává průměrnou životnost retušovaných šipek 3,65 výstřelu a Fauvelle et al. (2012) udává 3,3 výstřelu. V mém předchozím výzkumu byla průměrná životnost projektilu 5,5 výstřelu (Bureš 2012). V tomto výzkumu je průměrná životnost šipek při střelbě na organický cíl 8,3 výstřelu.

Nejjednodušším vysvětlením je špatná kombinace cíle a luku. Neboli zvolený luk byl příliš slabý na to, aby efektivně poškodil cíl – tedy téměř dospělé prase chráněné kůží a mocnou vrstvou tuku. Zásah „na komoru“ neměl dostatečnou sílu, aby po proniknutí měkkými tkáněmi poškodil kost nebo sebe. To ovšem neznamená, že šíp neměl dostatečnou kinetickou energii na proniknutí do hrudní dutiny. Po zpětném prohlédnutí terénních záznamů se tato úvaha jeví nejpravděpodobnější. K naprosté většině fraktur došlo při zásahu hlavy, nebo přední nohy, kde prase není chráněno tak mocnou vrstvou tuku a svaloviny.

Pokud bych si toto uvědomil již během experimentu, mohl jsem upravit vzdálenost cíle. Toto by pravděpodobně vedlo i k lepšímu soustřelu šípů. Bylo by tedy k dispozici i více šipek se stopami pouze z organického materiálu a první hypotéza by mohla být úspěšně potvrzena nebo zamítnuta. K zachování stabilní vzdálenosti mne vedly dvě skutečnosti. Za prvé, konstantní vzdálenost by měla produkovat konstantní výsledky, a tedy změna vzdálenosti by mohla do stop užívání vnést nerovnováhu výsledků. Momentálně data možná nejsou zcela reálná, ale chyba je systémová a výsledek tedy konstantní. Druhým důvodem je dráha letu střely. Při výstřelu se šíp v první fázi prohne v rámci své tvarové elasticity, jelikož na něj působí nahromaděná síla luku, jež se najednou uvolní. Tento průhyb ratiště šípu vychýlí a zdeformuje v možnostech jeho plasticity. Na zpomalených záběrech můžeme pozorovat, jak šíp „plave“ než se jeho dráha stabilizuje. Pokud

bych vzdálenost zmenšil pod tuto mez, při dopadu by na hrot působila síla setrvačná a síla boční z pohybu ratiště. To by pravděpodobně vedlo k častějším frakturám, případně k jejich lateralizaci.

Nutno zde podotknout že minimum pozorovaných lesků na šipkách, které zasáhly pouze cíl, je pravděpodobně způsobeno pouze výběrem cíle. Pokud bych střílel do prasete divokého, které ve svém přirozeném prostředí má pravděpodobně srst znečištěnou půdními částicemi, mohly by tyto částice zanechat na šipkách stopy drobných lineárních lesků. Střelba do vysoké zvěře naopak mohla změnit poměr fraktur, neboť tato není chráněna tak mocnou vrstvou tuku.

Podobná je i situace u simulace rituální střelby. Životnost šipek při střelbě na maximální vzdálenost je dána dopadovou energií a strukturou cíle. Tedy prostředí přímo podmiňuje životnost projektilů, neboť energie dopadu je relativně konstantní. Při střelbě na oraném poli zbaveném kamenů může být životnost šipek ještě mnohem větší než 27,2 výstřelu. Při střelbě v lese pravděpodobně dojde dříve ke ztrátě projektilu. Při střelbě ve vysoké trávě pravděpodobně dojde dříve ke ztrátě celého šípu. Při střelbě na kamenité půdě bude pravděpodobně dřív projektil poškozen, či ztracen a ratiště rozštípnuto. Jelikož jsem střílel za velmi teplé zimy na dlouhodobě neorané louce a záplavovém území, dostat se skrz kořenové systémy a naplaveninu ke kamenům vespod, trvalo průměrně 27,2 výstřelu. S některými šípy (69 výstřelů) se to zdálo jako hledání jehly v kupce sena. Rozvoj mikroskopických stop je zde pravděpodobně velmi rychlý. Lineární lesky byly pozorovány na všech šipkách s nejmenšími počty výstřelů. Zrnitost půdy zde pravděpodobně bude hrát roli stejně jako tvar zrníček a obsah organického materiálu. Tyto faktory by tedy bylo potřeba více prozkoumat, v čemž opět mohl posloužit jiný design střeleb.

V neposlední řadě je třeba zmínit i problém střelce. Zkušený střelec s konstantním soustřelem mohl dosáhnout mnohem standardnějších výsledků. I když šípy byly značně rozmanité, co se týče váhy, průhybu spinu atd., nemuselo dojít k takové míře kontaminace stop střelby do těla savce. I přesnější soustřel u simulace rituální střelby mohl změnit data, neboť ani louka pravděpodobně není v každém svém rohu identicky složená, co do mocnosti kořenových systémů, obsahu kamenů, písku atd.

### 6.2.3 Problémy sběru a vyhodnocení dat

Prvním problémem je klasifikace fraktur. Jak již bylo zmíněno výše, nemusí být vždy jednoznačná. Jedna skutečnost může být popsána z různých směrů různě. Laterální fraktura tak může být považována za pouhé označení průběhu sil a ne za název fraktury. Fraktura s jasným *step* průběhem, kde došlo na části k drcení kvůli lehce zvýšenému stranovému tlaku, či nehomogenitě materiálu, může být označena za *step* i drcení. Náhledů na tyto komplexní skutečnosti může být mnoho. Podobně i mnoho fraktur, které jsem nějak vyhodnotil, může být oprávněně považováno za fraktury jiné. Tím ale i částečně dospějeme k odlišným výsledkům. Problémem je v tomto případě i malá zkušenost autora (tedy mne). Většinu mých znalostí jsem nabyt četbou, úvahami a zkušeností. Otázkou zde je, zdali je toto dostatečné a zdali jsou mnou uvedené výsledky správné.

Do tohoto pole problémů patří i problémy mikroskopického pozorování. Toto se mohlo projevit zvláště u třetí hypotézy zkoumající rozvoje lesků bazí a stop *haftingu*, jelikož malý výskyt stop po uchycení v tomto experimentu je zarážející. Data naznačují, že jeho výskyt nemá nic společného s počtem výstřelů, ale s dopadovou silou. Pravděpodobně je zde i souvislost s počtem uvolnění projektilu od ratiště. V úvahu samozřejmě připadá i neschopnost výzkumníka, tedy mne, tyto stopy detekovat. Drobné lesky na plochách, či vrcholech spojnic jednotlivých jizviček, viditelné pouze zkušeným okem pod určitým úhlem, na



nepravidelném povrchu pod mikroskopem s minimální hloubkou ostrosti se přeci jen hledají o něco hůře než lineární strie a makrofraktury. V úvahu opět přichází i špatný výzkumný design. Pokud bych zářezy pro šípky zhotovoval pazourkovou čepelkou, vnitřní povrch ratišť by byl mnohem otřepanější a pravděpodobně by v něm zbyly i nějaké úštěpky kamene, které by následně působily abrazivně na bazi šípky.

V neposlední řadě je otázkou i zvolený systém střeľeb, který způsobil scuknutí mnoha mikroskopických informací do jednoho obrazu. Pravděpodobně by bylo lepší kontinuálně po jednotlivých výstřelech sledovat a binárně zaznamenávat přítomnost/absenci jednotlivých znaků, kupříkladu vnik oleštění, lineárního oleštění, rýh, abraze hran, zakulacení hran, drcení, fraktury, fraktury křidélek, vznik stop *haftingu* atd. Toto by mohlo postupně modelovat chování projektilů v různých situacích. Problém ovšem je, že takovýto výzkum by byl časově extrémně náročný. V případě simulace boje i materiálově. A komplexita lukostřelecké reality by pravděpodobně opět omezila jakékoliv testovatelné zobecnění na pocitovou zkušenost autora.

### **6.3 Shrnutí**

Srovnání s mým předchozím výzkumem podporuje předpoklad 1. hypotézy o větším (ovšem statisticky nevýznamném) výskytu indikativních fraktur při střelbě zblízka do těla savce oproti střelbě do dálky na louce. Zároveň srovnání souborů podporuje domněnku o větším abrazivním působení zeminy na povrch šipek. Je zde ovšem pravděpodobně významný faktor velikosti zrn a rychlosti šípu, respektive moci vegetační vrstvy půdy a úhlu dopadu.

Srovnání s experimentálními lukostřeleckými studiemi dalších autorů je problematické z hlediska sledovaných znaků ale především rozdílných morfologií šipek. S některými výzkumy jsou mnou pozorované četnosti fraktur u střelby zblízka do organického cíle srovnatelné,

s některými nikoliv. Skupina šipek střílená do dálky na louce ovšem vykazuje vyšší míru mikroskopických lineárních stop než kterýkoliv ze zmiňovaných výzkumů.

Srovnání s šípkami nalezenými v hrobových kontextech není o nic jednodušší. Zdá se, že většina stop na nich byla způsobena spíše tafonomickými procesy, než užíváním jako projektily. Četnosti mikroskopických stop a fraktur jsou proto velmi odlišné od mnou pozorovaných, konkrétně od těch simulujících rituální střelbu.

V rámci srovnání tedy výrazně vystupuje, co do indikativních mikroskopických stop užívání, skupina střílená na maximální vzdálenost na louce. Subjektivní identifikace takového projektilu by tedy neměla být zpětně v archeologických kontextech problematická. Záměna těchto stop za tafonomické procesy se nezdá pravděpodobná, kvůli jejich odlišné orientaci, tedy lineární s longitudinální osou šipky vs. náhodné.

## 7. Závěr

Archeologické rekonstrukce minulého lidského života jsou pro pochopení toho, kdo jsme a odkud jsme přišli velmi významné. Zároveň ale platí, že jsou i teoreticky velmi náročné, jinak řečeno nacházíme většinou poškozené „zbytky“. Usuzovat z nemnoha materiálu na velmi bohatý a barevný život minulých lidských populací je úkolem na desetiletí.

Tato práce si kladla za cíl identifikaci typů opotřebení kamenných projektilů, které odpovídají určitým způsobům chování skrz vytvoření experimentálního souboru šipek se specifickými stopami užívání a přispět tak k pochopení naší minulosti prozkoumáním vztahu činnosti (lukostřelecké praxe u KZP) a formování stop opotřebení na pazourkových hrotech. Primární otázkou bylo, zdali při dvou různých způsobech střelby, uvažovaných jako reálný boj a rituální válečnictví, dochází i ke dvěma různým projevům na lukostřeleckých projektilích a zda jsou tyto stopy natolik diskrétní, abychom byli schopni na jejich základě spolehlivě zpětně odlišit různé způsoby pravěkého chování. Podotázkou výzkumu bylo, zda vůbec dokážeme odlišit šipky užívané od neužívaných pomocí jiných stop, než jsou specifická poškození, tedy pomocí oleštění bazí a stop *haftingu* obecně.

Byly vypracovány tři hypotézy:

- Střelba do těla savce (simulace reálného boje) se bude projevovat *step* a *hinge* frakturami s lineárními rýhami pod oblastí lomu.
- Střelba do dálky (simulace rituálního válečnictví) se bude projevovat *laterálními* frakturami a drcením s lineárními rýhami na celém těle šipky.
- Šipky s vyšším počtem výstřelů budou vykazovat větší rozvoj lesků na bazi.

V rámci výzkumného designu pravděpodobně došlo k jistým chybám, které zhatily výsledky této práce. Za nejvážnější považuji smíšení signálů organického materiálu a zeminy při simulaci reálného boje. Toto omezilo skupinu šipek, které byly v kontaktu pouze s cílem a nedošlo u ní tedy ke kontaminaci stop, na pouhé 4. Výsledky jasně ukazují, že existují asociace mezi lidským chováním, v tomto případě užívání předmětů, a stopami, které tyto činnosti produkují. Výsledky také bohužel jasně ukazují, že tyto stopy nejsou výlučné. Při střelbě na maximální vzdálenost, v této práci považované za lučišnické rituální válečnictví, ve větší míře vznikají fraktury laterální a dochází k drcení hrotů. Ovšem ne výlučně. Velmi rychle také dochází k formování lineárních lesků na povrchu šipek. Zdá se tedy, že střelba do dálky se nevyznačuje jednoznačně charakteristickými znaky makrofraktur, ale celkově je mnohem abrazivnější k povrchu šipek, což dokazuje výrazný výskyt mikroskopických stop užívání v podobě lineárních lesků a rýh. Oleštění bazí bylo v tomto experimentu pozorováno u 37 % projektilů. Spíše než počet výstřelů, či počet uvolnění od ratiště, má na formování těchto stop vliv velikost dopadové energie.

Znovu se potvrzuje, že formování stop užívání na lukostřeleckých projektilích je velmi komplexní a složitá záležitost. Různé materiály a směsi materiálů, o různých tvrdostech, se dostávají do kontaktu pod různými vektory a různými dopadovými energiemi. Zrekonstruovat z nemnoha stop takto komplexní událost až k specifickému lidskému lukostřeleckému chování je možná jednoduše nemožné. Pravděpodobně by bylo vhodnější dlouhodobě zkoumat stopy užívání po každém jednotlivém výstřelu a pozorovat tak formování stop užívání v reálných krocích a ne až výsledky mnoha dílčích komplexních a různorodých událostí. Časová a materiální náročnost takového výzkumu by pro studenta magisterského oboru ovšem byla na pováženou.

## 8. Literatura

Apel, J., 2012. *Tracing pressure-flaked Arrowheads in Europe*. In: Prescott, CH., Glorstad, H. (eds.), *Becoming European: The transformation of third millenium Northern and Western Europe*. Oxbow Books, 156-164.

Azevedo, S., Charlin, J., Gonzáles-José, R. *Identifying design and reduction effects on lithic projectile point shapes*. *Journal of Archaeological Science* 41, 297-307.

Bureš, V., 2012. *Pravěká lukostřelba: Experimentální studie*. Bakalářská diplomová práce, Západočeská Univerzita v Plzni. Mgr. Daniel Sosna Ph.D. Plzeň.

Burroni, D., Donahue, R.E., Pollard, M., Mussi, M., 2002. *The Surface Alteration Features of Flint Artefacts as a Record of Enviromental Processes*. *Journal of Archaeological Science* 29, 1277-1287.

Cattelain, P., 1997. *Hunting during the Upper Paleolithic: bow, spearthrower, or both*. In: Knecht, H. (ed.), *Projectile Technology*. Plenum Press, New York. 213-240.

Dockall, J.E. *Wear Traces and Projectile Impact: A Review of Experimental and Archeological Evidence*. *Journal of Field Archeology*. Boston University, 1997, 24:3, 321-331.

Erdal, Y.S, Erdal O.D., 2012. *Organized violence in Anatolia: A retrospective research on the injuries from the Neolithic to Early Bronze Age*. *International Journal of Paleopathology* 2, 78-92.

Fauvelle, M., Smith, E.M., Brown, S.H., Des Lauries, M.R., 2012. *Asphaltum rafting and projectile point durability: an experimental comparison of free hafting methods*. *Journal of Archaeological Science* 39, 2802-2809.

Fisher, A., Hansen, P.V., Rasmussen, P. 1984. *Macro and Micro Wear Traces on Lithic Projectile Points*. Journal of Danish Archeology, **3**, s. 19-46.

Fokkens, H., Achterkamp, Y., Kuijpers, M. 2008. *Bracers or Braclets? About the Functionality and Meaning of Bell Beaker Wrist-guards*. Proceedings of the Prehistoric Society, **74**, 109-140.

Geribas N., Mosquera, M., Verges, J.M., 2010. *what novice Knappers have to learn to become expert stone toolmakers*. Journal of archaeological Science **37**, 2857-2870.

Heide, M.N., 2010. *Working-Memory Capacity and the Evolution of Modern Cognitive Potential: Implications from Animal and Early Human Tool Use*. Current Anthropology. **51**,S1, S149-166.

Iovita, R., Schonekess, H., Gaudzinski-Windheuser, S., Jager, F., 2014. *Projectile impact fractures and launching mechanism: results of a controlled ballistic experiment using replica Levallois points*. Journal of Archaeological Science **48**, 73-83.

Keeley, L.H. 1980. *Experimental determination of stone tool uses: a microwear analysis*. Chicago: University of Chicago Press.

Korenevsky, S.N., 2014. *Prehistoric wars and the origin of military power (based on archaeological and historical-ethnological data)*. Archaeology Ethnology & Anthropology of Eurasia **42/1**, 66-80.

Lazuén, T., 2014. *Please do not shoot the pianist. Criteria for recognizing ancient lithic weapon use*. Journal of Archaeological Science **46**: 1-5.

Leroi-Gourhan, A., 1964. *Le Geste et la Parole*. Paris.



Lee, H.W., 2010. *Projectile points and their implications*. Archaeology Ethnology & Anthropology of Eurasia 38/3, 41-49.

Lombard, M., Heide, M.N., 2012. *Thinking a Bow-Arrow Set: Cognitive Implication of middle Stone age Bow and Stone-tipped Arrow Technology*. Cambridge Archeological Journal. 22:2, 237-264.

Lombard, M., Pargeter, J. 2008. *Hunting with Howieson Poort segments: pilot experimental study and the functional interpretation of archeological tools*. Journal of Archeological science. 35, 2523-31.

Magnani, M., Rezek, Z., Lin, S.C., Chan, A., Dibble, H.L., 2014. *Flake variation in relation to the application of force*. Journal of Archaeological Science 46, 37-49.

McPherron, S.P., Braun D.R., Dogandžič T., Archer W., 2014. *An experimental assessment of the influences on edge damage to lithic artifacts: a consideration of edge angle, substrate grain size, raw material properties, and exposed face*. Journal of Archaeological Science 49, 70-82.

Milner, G.R., 2005. *Nineteenth-Century arrow wounds and perception of prehistoric warfare*. American Antiquity. 70, 144-156.

Morales, J.I., Verges, J.M., 2014. *Technological behaviors in Paleolithic foragers. Testing the role of resharpening in the assemblage organization*. Journal of Archaeological Science 49, 302-316.

Nonaka, T., Bril, B., Rein, R., 2010. *How do stone Knappem predict and control the outcome of flaking? Implications for understanding early stone tool technology*. Journal of Human Evolution 59, 155-167.

Neustupný, E., 1996. *On prehistoric warfare: A View From Russian Ethnography*. Journal of European Archeology. Glasgow: Cruithe Press, 4, 369-373.

Odell, G.H., Cowan, F., 1984. *Experiments with Spears and Arrows on Animal Targets*. Journal of Field Archaeology 13:2, 195-212.

Olivík, J., 2001. *Příspěvek k poznání silicitových šipek kultury zvoncovitých pohárů na Moravě*. Bakalářská diplomová práce, Masarykova Univerzita. PhDr. Eliška Kazdová, Csc. Brno.

Olivík, J., 2009. *Silicitové šipky a nátepní destičky – jejich typologie a postavení v pohřebním ritu kultury zvoncovitých pohárů na Moravě*. Magisterská diplomová práce, Masarykova Univerzita. PhDr. Eliška Kazdová, Csc. Brno.

Otterbein, K.F., 2004. *How War Began*. Texas A&M University Press.

Pargeter, J., 2011. *Assessing the macrofracture method for identifying Stone Age hunting weaponry*. Journal of Archaeological Science 38, 2882-2888.

Rehmann, F., Robinson, V.J., Shennan, S., 1992. *A neutron activation study of Bell Beakers and associated pottery from Czechoslovakia and Hungary*. Památky Archeologické LXXXIII, 197-211.

Rots, V., 2010. *Prehension and Hafting Traces on Flint Tools*. Leuven university press.

Rots, V., Plisson, H., 2014. *Projectiles and abuse of the use-wear method in a search for impact*. Journal of Archeological science. 48, 154-165.

Sarauw, T. 2007. *Male symbols or warrior identities? The 'archery burials' of the Danish Bell Beaker Culture*. Journal of Anthropological Archaeology 26, 65-87.

Semenov, S. A., 1964. *Prehistoric Technology: An Experimental Study of the Oldest Tools and Artefacts from Traces of Manufacture and Wear*. London: Cory, Adams Macklay.

Shea, J.J., 2006. *The origins of lithic projectile point technology: evidence from Africa, the Levant, and Europe*. *Journal of Archaeological Science* 33, 823-846.

Shennan, S., 1974. *Bell Beakers and their Context in Central Europe*. In: *Glockenbechersymposion, Oberried: Haarlem – bossum*, s. 231-241.

Smith, M.J., Brickley, M.B., Leach, S.L., 2007. *Experimental evidence for lithic projectile injuries: improving identification of an under-recognised phenomenon*. *Journal of Archaeological Science* 34, 540-553.

Sosna, D., 2009. *Social Differentiation in the Late Cooper Age and the Early Bronze Age in South Moravia (Czech Republic)*. Oxford: Archaeopress.

Sosna, D., 2012. *Stone Arrowheads from Hoštice I: Use-Wear Analysis*. In: Matějčková, A., Dvořák, P. eds. *Pohřebišťe z období zvoncovitých pohárů na trase dálnice D1 Vyškov – Mořice (Pravěk Supplementum 24)* Brno. s. 323-338.

Sosna, D., Sládek, V., 2010. *Bell Beaker Warfare: Use-Wear Analysis of Arrowheads*. Paper presented at the Theory and Method in the Archaeology of Neolithic, Mikulov, 26-28.

Sosna, D., Spatzier, A., in press. *Arrowheads from Pömmelte-Zackmünde: Use-Wear analysis*. In: Spatzier A, editor. *Das endneolithisch-frühbronzezeitliche Rondell von Pömmelte-Zackmünde, Salzlandkreis, und das Rondell-Phänomen des 4-1 Jt v Chr in Mitteleuropa*. Halle/Saale: Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg.

Spindler, K., 1998. *Muž z ledovce*. Praha: Mladá fronta.

Turek, J., 2006. *Období zvoncovitých pohárů v Evropě*. Archeologie ve středních Čechách. Praha: Ústav archeologické památkové péče středních Čech, 10, s. 275-368.

Van Gijn, A.L., 2010. *Flint in focus. Lithic Biographies in the Neolithic and Bronze Age*. Leiden: Sidestone Press.

Vander Linden, M., 2006. *For Whom the Bell Tools: Social Hierarchy vs. Social Integration in the Bell Beaker Culture of Southern France (Third Millennium BC)*. Cambridge Archeological Journal. Cambridge: Mc Donald Institute for Archeological Research, 16:3, s. 317-332.

Vencl, S., 1984. *Otázky poznání vojenství v archeologii*. Praha: Polygrafia.

Všianký, D., Kolář, J., Petřík, J., 2014. *Continuity and changes of manufacturing traditions of Bell Beaker and Bronze Age encrusted pottery in the Moravia river catchment (Czech Republic)*. Journal of Archaeological Science 49, 414-422.

Wiesner, P., 2002. *The Vines of Complexity: Egalitarian Structures and the Institutionalization of Inequality among the Enga*. Current Anthropology, 43:2, 233-269.

Williams, J.P., Andrefsky Jr., W., 2011. *Debitage variability among multiple flint Knappem*. Journal of Archaeological Science 38, 865-872.

Wilkins, J., Schoville, B.J., Brown, K.S., Chazan, M., 2015. *Kathu Pan 1 points and the assemblage-scale, probabilistic approach: a response to Rots and Plisson, „Projectiles and the abuse of the use-wear method in a search for impact“*. Journal of Archaeological Science 54, 294-299.

Whittaker, J.C., 1994. *Flintknapping: Making and Understanding Stone Tools*. University of Texas Press.

## 9. Resumé

### Bell Beaker Culture Archery Praxes: An Experimental Study

This experimental study asked, if we can recognize specific archery behavior on flint projectiles. The author has tried to make a use-wear model of two different kinds of possible Bell Beaker archery praxis: real warfare and ritual warfare. The real warfare was simulated by shooting in to a dead animal. Ritual warfare was simulated by designing line battle with shots for a maximal distance. The second question was, if we can even recognize used arrowheads from unused, without specific projectile use-wear trace, by *hafting* traces.

As a result, fractures have seemed to be continual rather than discreet between the groups but in contact with ground microscopic polishes and striations linear with longitudinal axis have seemed to form much faster and greater around the projectile surface. Forming of *hafting* traces has seemed to be dependent on impact energy, rather than number of shots. However the author had made several mistakes, witch disabled reliable statistical testing of these later thesis.