

Západočeská univerzita v Plzni

Fakulta filozofická

Diplomová práce

**Návrh metodiky dokumentace dvourozměrných artefaktů
pro traseologickou analýzu**

Gabriela Jungová

Plzeň 2014

Západočeská univerzita v Plzni

Fakulta filozofická

Katedra antropologie

Studijní program Antropologie

Studijní obor Antropologie populací minulosti

Diplomová práce

**Návrh metodiky dokumentace dvourozměrných artefaktů
pro traseologickou analýzu**

Gabriela Jungová

Vedoucí práce:

Mgr. Daniel Sosna, Ph.D.

Katedra antropologie

Fakulta filozofická Západočeské univerzity v Plzni

Plzeň 2014

Prohlašuji, že jsem práci zpracovala samostatně a použila jsem jen uvedené prameny a literatury.

Plzeň, červen 2014

.....

Poděkování

Především bych ráda poděkovala Mgr. Danielu Sosnovi, Ph.D. za rady, podněty a shovívavost při vedení této diplomové práce i za čas věnovaný testování metodiky. Velký dík patří také dalším testujícím dobrovolníkům, a sice Václavu Burešovi, Haně Kašparové a Patriku Mikovi. V neposlední řadě děkuji také Martinu Sajdlovi z Laboratory Imaging za rady a odpovědi, a rodině a blízkým za podporu.

OBSAH

1	ÚVOD	1
2	TRASEOLOGIE A JEJÍ VÝZNAM V ARCHEOLOGII A ANTROPOLOGII.....	4
2.1	Vývoj traseologie.....	5
2.2	Využití traseologie v archeologii a antropologii.....	6
3	CÍLE PRÁCE A VÝZKUMNÉ HYPOTÉZY.....	9
3.1	Cíle práce.....	9
3.2	Výzkumné hypotézy.....	10
4	MATERIÁL.....	12
4.1	Kamenný materiál.....	12
4.2	Kostěný materiál.....	13
5	METODY.....	15
5.1	Principy vyvíjené metodiky.....	15
5.1.1	Použité vybavení.....	16
5.1.1.1	Hardware.....	16
5.1.1.2	Software.....	17
5.2	Design experimentu.....	17
5.3	Respondenti.....	19
5.4	Pracovní postup nové metody.....	19
5.4.1	Orientace vzorku.....	20
5.4.2	Sejmutí fotografie.....	20
5.4.3	Zpracování fotografie v počítači.....	20
5.4.4	Výstupní podklady.....	22
5.5	Pracovní postup kresebné metody.....	23
5.5.1	Výstupní podklady.....	24
5.6	Statistické metody.....	25

5.6.1	Znaménkový test.....	25
5.6.2	Spearmanův koeficient pořadové korelace	26
5.6.3	Analýza kovariance	29
5.6.4	Použitý software	32
6	VÝSLEDKY.....	33
6.1	H1 – srovnání časové efektivity dokumentace prostřednictvím kresebné a fotografické metodiky	33
6.2	H2 – srovnání časové efektivity lokalizace bodu prostřednictvím kresebné a fotografické metodiky	35
6.2.1	Respondent 1	35
6.2.2	Respondent 2	38
6.2.3	Respondent 3	41
6.2.4	Respondent 4	44
6.2.5	Souhrnné výsledky	47
6.3	H3 – vliv velikosti plochy vzorku na čas potřebný k nalezení specifického bodu ..	48
6.4	H4 – vliv materiálu vzorku na čas potřebný k nalezení specifického bodu	49
6.5	Shrnutí výsledků	52
7	DISKUSE	54
7.1	Časová efektivita nové metodiky	55
7.1.1	Časová efektivita dokumentace artefaktu	55
7.1.2	Časová efektivita lokalizace zaznamenaného bodu	57
7.2	Vztah velikosti plochy a času potřebného k lokalizaci bodu	60
7.3	Vliv materiálu na čas potřebný k lokalizaci bodu	61
7.4	Další možnosti vývoje	63
8	ZÁVĚR.....	65
9	SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY	67

10	RESUMÉ	73
-----------	---------------------	-----------

1 ÚVOD

Traseologická analýza tvoří nedílnou součást antropologických a archeologických věd. Umožňuje detailně prozkoumat stopy na kamenných, kostěných, keramických i jiných artefaktech, což má dalekosáhlé důsledky zejména v interpretační rovině. Funkční a výrobní opotřebení nástrojů (podle Semenova, 1976) i chemické stopy látek, se kterými byly artefakty v kontaktu, nesou celou řadu informací o každodennosti prehistorických společností. Použitý materiál může vypovídat o mobilitě, ekologických a ekonomických strategiích (Keeley, 1974:323; Andrefsky, 2005:4; Šajnerová-Dušková, 2007; Kuca et al., 2009; Neruda, 2010; Lisá et al., 2013). Charakteristické opotřebení či rezidua bílkovin, tuků, škrobů a dalších organických látek nám přibližují subsistenci pravěkých skupin (Keeley, 1974:323; Loy, 1983, 1993; Haslam et al., 2009:2). Směr a způsob opotřebení všeobecně zase pomáhají porozumět používání prstů a rukou, pravo/levorukosti a pracovním návykům jedinců, kteří s artefakty pracovali (Semenov, 1976:7), ale také jejich individuální zručnosti a zkušenostem (van Gijn, 2010:30–31). Traseologická analýza je využitelná i při studiu evoluce lidského rodu, např. v kontextu sil působících na jednotlivé prsty při výrobě a používání kamenných nástrojů a jejich vlivu na anatomické uspořádání ruky (Williams et al., 2012). S pomocí mikroskopické analýzy tak můžeme hledat odpovědi na otázky ze skutečně široké škály témat, od identifikace usazenin na nástrojích *Homo floresiensis* až po rozbor DNA získané z válečných lodí Jindřicha VIII. (Haslam et al., 2009:1).

Jak trefně shrnuje Haslam (2009:1), výzkum těch nejmenších stop může vést k zodpovězení těch největších otázek. Jako vědci ale neseme velkou zodpovědnost za korektní interpretaci získaných poznatků. Může se snadno stát, že nás zmate chybná etnografická analogie nebo se spolehne na nálezový kontext bez dalšího ověření (Nance, 1971:363, 365). Dokonce ani samotný typ artefaktu není možné brát jako spolehlivý ukazatel jeho funkce, protože jeden typ nástroje mohl mít více funkcí a naopak, tutéž funkci mohlo plnit více typů nástrojů (Dries, 1998:33; Fullagar, 2009:7; van Gijn, 2010:25). Navíc je třeba mít na paměti, že zatímco typologie nástrojů je statická, jejich morfologie a funkce je dynamická (Andrefsky, 2005:30, 39). Badatel tedy artefakt najde a dále s ním pracuje jen v jedné fázi, zatímco během doby svého užívání mohl mnohokrát změnit tvar a funkci, třeba kvůli opotřebení a přístřešení (Nance, 1971:361, 363). Většinou

nevíme, v jaké fázi artefakt objevíme, a zda vůbec kdy skutečně sloužil konkrétnímu účelu. Jinými slovy: to, že se nástroj k něčemu dá použít, ještě neznamená, že k tomu skutečně použit byl (Semenov, 1976:2).

Když zvážíme šířku a význam témat klíčových pro archeologii i antropologii, ve kterých se mikroskopická analýza uplatňuje, je až zarážející, jak velká míra subjektivity v této disciplíně panuje. Individuální preference, názor či míra zkušeností se odrážejí ve způsobu dokumentace artefaktů, metodologii, terminologii, identifikaci stop i interpretaci zjištěných poznatků (Keeley, 1974:323; Dries, 1998:37; Evans et al., 2014:1). Taková míra subjektivity by ale neměla být přípustná nejen v traseologii, ale ve vědeckém bádání vůbec. Je pochopitelné, že se vzrůstající zkušeností stoupá i přesvědčení badatele o předkládaných závěrech. To však nikdy nemůže být odůvodněním, proč opominout ověřování ne-subjektivními prostředky (Popper et Fiala, 1997:23–26). Naopak, badatelé v každé vědní disciplíně by měli směřovat k co nejvyšší míře intersubjektivní, v protikladu k subjektivitě, a to prostřednictvím používání precizního logického jazyka i standardizace metodologických postupů (Fajkus, 2005:49–54).

Cílem této práce je v duchu popperovského pojetí vědy přispět k intersubjektivizaci dokumentace mikroskopicky zkoumaných artefaktů, a to vývojem metodiky, která umožní snadný, přehledný a časově efektivní záznam objektu s minimálním subjektivním zatížením ze strany badatele. Formální ukotvení v podobě standardizovaného postupu zde vyjadřuje posun od subjektivních preferencí k intersubjektivní metodologii, kterou lze kdykoli replikovat se shodným výsledkem. Tato metodika by měla především usnadnit práci studentům a začátečníkům v oboru mikroskopického zkoumání, uplatnění najde i v projektech, kdy tutéž stopu na jednom artefaktu studuje více badatelů. Výsledný záznam je určen především pro vlastní potřeby badatele v průběhu výzkumu, ale diskutovat budeme také možnosti využití pro publikační účely.

V následujícím oddíle si představíme traseologii, stručně shrneme její vývoj a zvážíme možnosti praktického využití a význam pro antropologii a archeologii. Třetí kapitola, Cíle práce a výzkumné hypotézy, se zabývá vlastnostmi, které má vyvíjená metodika splňovat. Především se jedná o požadavky na intersubjektivní a časově efektivní způsob dokumentace polohy konkrétního bodu na zkoumaném artefaktu. Také zde formulujeme čtyři výzkumné hypotézy, které se týkají časové efektivity lokalizace konkrétního bodu

s ohledem na metodu dokumentace, velikost vzorku a materiál vzorku. Testování hypotéz nám pomůže zjistit, zda se podařilo cíle práce naplnit.

Dále si v oddílu Materiál přiblížíme původ a vlastnosti kamenného a kostěného materiálu, který byl použit k testování vyvíjené metody. Jedná se o rohovec typu Krumlovský les a čerstvé zvířecí kosti, jejichž fragmenty byly záměrně upraveny podle kritérií stanovaných pro velikost a morfologii vzorků použitých v této práci.

Kapitola Metody rozebírá principy a vlastnosti vyvíjené metodiky dokumentace artefaktů. Za její základ jsme zvolili fotografii pořízenou z mikroskopu a následnou úpravu snímku v počítači za použití specializovaného softwaru. Tento způsob zaznamenání zkoumaných artefaktů jsme testovali srovnáním s metodou kresebné dokumentace, která je v současné době běžně využívána nejen pro osobní potřeby badatelů během výzkumu (van Gijn, osobní komunikace), ale i v publikacích (např. Andrefsky, 2005; Rots, 2010; van Gijn, 2010). V páté kapitole si představujeme také design empirického výzkumu, který ověřoval, zda nová metoda dokumentace artefaktů splňuje vytyčené cíle práce. Výzkum probíhal ve dvou paralelních liniích, z nichž jedna testovala novou metodu a druhá metodu kresebné dokumentace. Výzkum měl také dvě fáze: v první fázi bylo třeba všechny artefakty zdokumentovat novou či kresebnou metodou a vyznačit specifický bod zájmu (pracovní stopu, reziduum atd.); tato fáze se týkala pouze autorky. Druhé fáze se navíc účastnili tři dobrovolníci a spočívala v hledání zaznamenaného bodu podle výstupu jedné či druhé dokumentační metody. Čas potřebný k nalezení každého bodu byl zaznamenán a použit k porovnání časové efektivity obou metod.

Veškeré výstupy, grafy a tabulky z prováděného výzkumu jsou uvedeny v oddílu Výsledky a následně interpretovány v kapitole Diskuse. Přes rozdíly mezi jednotlivými respondenty výzkumu jsou mezi testovanými metodami dokumentace statisticky signifikantní rozdíly. Diskutovat budeme příčiny rozdílných výsledků, možnosti praktického využití i dalších úprav nové metodiky dokumentace. Oddílem Závěr shrneme vlastnosti vyvíjené metodiky i její význam pro mikroskopickou analýzu artefaktů a zhodnotíme, zda se podařilo naplnit cíle práce.

2 TRASEOLOGIE A JEJÍ VÝZNAM V ARCHEOLOGII A ANTROPOLOGII

Traseologie je metoda využívaná v archeologii k analýze stop na nalezených artefaktech. V anglicky psané literatuře se vedle termínu *traceology* (od anglického *trace* = stopa) můžeme setkat i s názvy jako *use-wear analysis* (analýza opotřebení), *functional analysis/study* (analýza/studie funkce) nebo *microwear analysis* (volně přeloženo jako mikroskopická analýza opotřebení).

Traseologii, tedy analýzu stop na archeologických nálezech, nesmíme zaměňovat za trasologii. Tento kriminalistický obor se zabývá rovněž studiem a analýzou stop, ovšem s jiným cílem. Vedle stop opotřebení na nástrojích trasologie zkoumá taktéž otisky nohou, pneumatik, atd., přičemž cílem je identifikovat konkrétní objekt, který stopu zanechal – tedy konkrétní nástroj (např. střelná zbraň či svěrák), konkrétní automobil či osoba. Naproti tomu traseologii jakožto archeologickou disciplínu zajímá především to, jaký typ objektu stopu zanechal – tedy obecně střelná zbraň nebo svěrák, jakýkoli automobil nebo člověk. Nalezení konkrétního původce stopy ze zřejmých důvodů není prioritou, ale je vítáno. Historicky i metodologicky traseologie vychází z trasologie, má však jiné cíle i zaměření. V anglicky psané literatuře je původní souvislost patrná v termínu *traceology*, který se vztahuje k archeologickému i kriminalistickému zkoumání stop (Thomas et al., 2011). V češtině je však třeba traseologii a trasologii rozlišovat.

Předmětem zájmu traseologické analýzy jsou stopy, které nesou informace o lidské činnosti v minulosti a mohou vypovídat i o průběhu evoluce lidského rodu. Můžeme rozlišit stopy výrobní, tedy takové, jež vznikly v procesu úpravy surového materiálu do požadovaného tvaru, a funkční, které se utvářely v průběhu vlastního používání nástroje (Keeley, 1974:327; Semenov, 1976:2). Je však třeba si uvědomit, že funkce i tvar zkoumaných nástrojů jsou dynamickou záležitostí (Andrefsky, 2005:30,39). Jeden artefakt mohl v průběhu svého používání několikrát změnit tvar – po otupení mohl být přiostrěn, nebo se mohl rozpadnout na menší kusy, které byly následně upraveny do funkční podoby. Tato nová funkce však mohla být odlišná od té původní; tentýž artefakt tedy mohl změnit nejen tvar, ale i funkci (Nance, 1971:361; Andrefsky, 2005:38).

Také platí, že ne všechny známky opotřebení na archeologických nálezech mají výpovědní hodnotu pro traseologii. Stopy vznikají nejen lidskou činností, opracováním a užíváním nástroje, ale i předtím a poté. Přirozené pohyby půdy, mráz, vítr, kontakt

s jinými objekty, poškození hlodavci a celá řada dalších post-depozičních procesů utvářejí povrch archeologických nálezů (Keeley, 1974:327). Nedílnou součástí traseologie by proto měla být experimentální tvorba srovnávacího souboru artefaktů (Keeley, 1974:328; Jahren et al., 1997; van Gijn, 2010:35; Bureš, 2014). Na tomto souboru pak můžeme studovat, jak jednotlivé typy stop vznikají, a rozlišovat tak ty, které mají přímou souvislost s funkcí artefaktu, od stop vzniklých jinými procesy, které pro traseologické účely nemají výpovědní hodnotu a mohly by vést k neplatným závěrům (Nance, 1971:361).

Traseologická analýza je zpravidla prováděna za pomoci mikroskopu. V závislosti na požadované úrovni zvětšení je možné vybírat mezi stereomikroskopy, metalurgickými mikroskopy a elektronovými mikroskopy (Keeley, 1974:325; Andrefsky, 2005:6–7; Evans, 2013:2). V posledních letech se prosazují také konfokální mikroskopy (Evans et Donahue, 2008; Stemp et Chung, 2011; Sosna, 2012:326), jejichž výhodou je jednodušší a rychlejší zacházení oproti elektronovým mikroskopům při dosažení srovnatelných výsledků. Své výhody i omezení má každý z těchto mikroskopů a záleží na konkrétním projektu, který z nich bude nejvhodnější. V některých případech nemusí být ani mikroskop potřeba – určité stopy mohou být viditelné i pouhým okem a je možné provést analýzu makroskopicky či za pomoci lupy s dostatečně velkým zvětšením (Pobiner et al., 2007:618; Parkinson, 2013:19).

2.1 Vývoj traseologie

K začlenění mikroskopické analýzy do antropologie a archeologie vedla poměrně dlouhá cesta. Přestože je mikroskop ve své současné podobě znám již více než 300 let, jeho potenciál k obohacení těchto odvětví zůstal dlouho nevyužit. Systematické analýzy kamenných nástrojů vyrobených lidmi se začaly objevovat až v druhé polovině 19. století, ovšem v té době převládala spíše experimentální výroba nástrojů a jejich porovnání s archeologickými nálezy (Dries, 1998:31; Andrefsky, 2005:3–5).

Základy moderní systematické mikroskopické analýzy v archeologii položil sovětský badatel Sergej Aristarchovič Semenov (do češtiny přepisovaného i jako Semjonov) svým výzkumem ve 30. letech 20. století, který shrnul v díle *Первобытная техника* z roku 1957. Vzhledem k jazykové bariéře však skutečný průlom přišel až s anglickým překladem *Prehistoric Technology*, jenž poprvé vyšel v roce 1964. Semenov ve své dodnes hojně citované knize vedle experimentu prosazuje systematickou analýzu mikroskopických stop.

Podle původu vzniku dělí opotřebením na výrobní, které vzniklo opracováním a tvarováním suroviny, a funkční, jež odráží účel, k němuž byl nástroj využíván. Nezabývá se ovšem blíže stopami, které na artefaktech zanechaly post-depoziční procesy.

Druhá polovina 60. let a zejména léta 70. zaznamenávají značný rozmach traseologické analýzy, vychází řada významných článků a dizertací (např. Ahler, 1971; Keeley, 1974; Odell, 1975) a v roce 1979 se koná první konference týkající se funkční analýzy kamenných nástrojů (Andrefsky, 2005:6).

Dnes má traseologie v archeologii pevné postavení a je využívána badateli po celém světě (Dries, 1998:32). Současní autoři publikují nejen samotné výsledky mikroskopické analýzy pracovních stop, ale zabývají se jí i z hlediska metodologie a technologie (např. Rots, 2010; van Gijn, 2010; Thomas et al., 2011; Evans, 2013; Krásná, 2013; Evans et al., 2014; Lepère, 2014). Je ovšem pozoruhodné, že ani přes řadu publikací a konferencí dodnes neexistuje ustálená terminologie ani standardizované postupy. Variabilita panuje ve způsobu dokumentace, identifikaci i interpretaci zjištěných poznatků (Evans et Donahue, 2008:2224; Evans et al., 2014:1).

2.2 Využití traseologie v archeologii a antropologii

Mikroskopická analýza pracovních stop je dnes nedílnou součástí antropologických a archeologických věd. Na povrchu kamenných, kostěných, keramických i jiných artefaktů je celá řada stop, které jsou často pouhým okem neviditelné, ale nesou cenné informace o lidské minulosti. Poznání těchto stop má dalekosáhlé důsledky v interpretační rovině. Funkční a výrobní opotřebením (podle Semenova, 1976) artefaktů vypovídá o každodenních činnostech prehistorických společností, ale i o evoluci lidského rodu.

Důležité informace nese už samotná počáteční surovina, zejména taková, která se vyskytuje jen v určitém regionu. Nalezneme-li artefakt z takové suroviny v místě vzdáleném jejímu přirozenému výskytu, lze to interpretovat několika způsoby. Můžeme to považovat za doklad mobility skupiny, jejíž příslušník artefakt vyrobil, ale také za známku určité ekologické či ekonomické strategie, např. směny (Keeley, 1974:323; Andrefsky, 2005:4; Kuca et al., 2009; Neruda, 2010; Lisá et al., 2013).

U pracovních nástrojů nás bude zajímat, o jaký typ se jedná a k čemu sloužil – zda k řezání, škrábání, pilování, jako projektily atd. Na pouhou morfologii nástroje se nemůžeme spolehnout, neboť mezi tvarem a funkcí neexistuje jednoznačný vztah: jeden

typ nástroje mohl plnit různé funkce a naopak, pro stejný účel je možné zvolit různé typy nástrojů (Dries, 1998:33; Fullagar, 2009:7; van Gijn, 2010:25). Odpověď mohou přinést právě mikroskopické stopy opotřebení, které způsobil kontakt s jinými materiály. Umístění a směr těchto stop napovídá, jaký pohyb byl s nástrojem vykonáván (Keeley, 1974:328; Dries, 1998:33). Podélná orientace stop naznačuje činnosti jako krájení či řezání, orientace příčná zase může signalizovat škrábání nebo sekání; šikmo orientované stopy bývají asociované s rytím nebo vyřezáváním. Specifické stopy zanechává také vrtání, propichování nebo byl-li nástroj upevněn na násadu (Šajnerová-Dušková, 2007:9–10). Ne ve všech případech ovšem povrchová analýza funkci artefaktu dokáže určit. Například pokud ani při využití srovnávacího souboru nedokážeme rozpoznat, jaký materiál byl s daným artefaktem asociovaný. V takovém případě je vhodné namísto určení typu a funkce pouze vyloučit, o jaký nástroj se jistě nejednalo (Dries, 1998:37). Stopy mohou být také špatně zachovalé, třeba kvůli post-depozičním procesům, případně mohou zcela chybět, pokud byl nástroj využíván pouze krátce anebo vůbec (Dries, 1998:33). V případě krátkodobého využívání artefaktu může pomoci analýza chemických látek ulpělých na povrchu. Tato rezidua se mohou zachovat i při krátkodobé aplikaci a jejich studium se někdy samostatně nazývá jako bimolekulární archeologie (Brown and Brown, 2011). Blíže se jimi zabýváme později v této kapitole.

Neměli bychom se ovšem spokojit pouze se zjištěním typu a funkce nástroje; cílem analýzy je také odhalit, jaký materiál stopy opotřebení na artefaktu zanechal. Některé z nich zanechávají na nástrojích charakteristické opotřebení, díky kterému lze určit, s jakými materiály přicházel nástroj do styku – může se jednat např. o dřevo, kost, rostlinná vlákna, zmrzlé nebo čerstvé maso (Keeley, 1974:328). Pro určení tohoto materiálu je vhodné využít experimentálně vytvořený srovnávací soubor, na kterém můžeme studovat, jak se zjizvení po aplikaci jednotlivých materiálů vyvíjí. Je nutné mít stále na paměti, že morfologie i funkce nástrojů jsou dynamickou záležitostí a my artefakt zkoumáme jen v určité fázi (Andrefsky, 2005:30,39). Stejně tak se projev stejného materiálu při různé délce a intenzitě aplikace může měnit. Podobný princip platí i na samotný materiál, ze kterého je vyrobený zkoumaný artefakt. Na hladkém a kompaktním povrchu, jako je třeba pazourek, rohovec či obsidián, se mohou stopy vzniklé totožnou činností či asociací se stejným materiálem vytvářet odlišně, než na struktuře, která je pórovitá či tvořená drobnými zrny nebo krystaly, jako např. křemen a křemenec (kvarcit).

Pracujeme-li s nástrojem vyrobeným ze zrnité suroviny, rychleji se obrušuje, čímž může dojít k průběžnému odstraňování vzniklých pracovních stop (Šajnerová-Dušková, 2007:8). To je při traseologické analýze určitá komplikace a je třeba mít tuto skutečnost na paměti.

Vedle známek mechanického opotřebení lze na artefaktech zkoumat také zmíněné chemické pozůstatky látek, se kterými byly v kontaktu, tzv. rezidua (Dries, 1998:33; Haslam et al., 2009:2). Tyto stopy lze detekovat opticky nebo chemickými testy a jejich analýza je užitečná nejen u pracovních nástrojů, ale třeba i u zásobních či varných nádob. Rezidua krevních bílkovin, tuků, rostlinných škrobů či rafidů (jehlic šťavelanu vápenatého) nám mohou přiblížit konkrétní potravní zdroje i celkové subsistenční strategie zkoumaných skupin (Keeley, 1974:323; Haslam et al., 2009:2). K dispozici je badatelům celá řada chemických, genetických i imunologických testů nebo analýza stabilních izotopů (Brown et Brown, 2011), zejména když se za vhodných podmínek podaří z reziduí izolovat prehistorickou DNA. Ta je cenná nejen při určování pohlaví či příbuznosti u lidí (např. Matheson et Loy, 2001; Brown et Brown, 2011:149–189), ale také při rekonstrukci ekonomických či subsistenčních strategií zkoumaných prehistorických společností (Loy, 1993; Schlumbaum et al., 2008), třeba díky určení konkrétního živočišného druhu, který je s artefakty asociován (Loy, 1983; Loy et Matthaei, 1994), nebo identifikaci mléčných tuků (Brown et Brown, 2013). Biologická rezidua umožňují také rekonstruovat proces přechodu na zemědělství a domestikaci zvířat a plodin (Brown et al., 1993; Brown, 1999; Jones et Brown, 2000; Brown et Brown, 2011:210–235) nebo poznávat nemoci, se kterými se studované společnosti potýkaly (de Castro et Singer, 2005; Brown et Brown, 2011:242–265; Bouwman et al., 2012; Masson et al., 2013).

Vedle informací o prehistorických skupinách jako celcích můžeme stopy na artefaktech interpretovat i v rovině jednotlivců, kteří s nástroji pracovali. Ze směru a způsobu opotřebení můžeme odvozovat informace o vývoji pravo- či levorukosti a pracovních návyků (Semenov, 1976:7; Steele et Uomini, 2005:223–230; Uomini, 2009), ale také o individuální zkušenosti a zručnosti uživatele či výrobce nástroje (van Gijn, 2010:30–31). Za pomoci experimentů lze studovat síly působící na jednotlivé prsty, které nám pomáhají porozumět rozdílům v anatomii ruky mezi anatomicky moderním člověkem a ostatními lidoopy, potažmo našimi evolučními předchůdci (Steele et Uomini, 2005; Cashmore et al., 2008; Williams et al., 2012).

3 CÍLE PRÁCE A VÝZKUMNÉ HYPOTÉZY

3.1 Cíle práce

Cílem této práce je navrhnout metodiku, která umožní dokumentaci specifického bodu ve dvourozměrném prostoru pod mikroskopem tak, aby byly splněny tyto podmínky: (1) Záznam má umožnit snadnou opětovnou lokalizaci daného bodu i badatelům, kteří s traseologií mají pouze malé nebo vůbec žádné zkušenosti. Především má být zřetelný tvar, rozsah a přesná lokalizace stopy na vzorku. Smyslem je zvýšit intersubjektivitu záznamu specifického bodu, a usnadnit tak traseologickou analýzu například studentům nebo badatelům, kteří s mikroskopem pracují méně často. (2) Nová metodika má být časově efektivnější nežli identifikace hledaného bodu pomocí kresebné dokumentace. Časová efektivita se týká jak opětovného hledání specifického bodu, tak samotného zaznamenávání tohoto bodu (tj. zakreslení nebo pořízení fotografie).

Nová metoda využívá možnosti pořízení fotografie zkoumaného vzorku přímo z mikroskopu, a následné zpracování snímku pomocí softwaru. Využití fotografie k dokumentaci pracovních stop na archeologických a antropologických artefaktech samozřejmě není nic nového (ze starších publikací např. MacDonald et Sanger, 1968; Symens, 1986; Hardy et Garufi, 1998; z recentních např. Lázničková-Galetová, 2010; d'Errico et al., 2011; Lepère, 2014). Fotografie jsou však často brány jako alternativa kresby, tzn., jsou do nich přidány podobné značky, jako u kresebné dokumentace, nebo jsou používány pro detailní ilustraci a nikoli zaznamenání polohy stopy. Používají se i nové technologie umožňující bezkontaktní a poměrně detailní dokumentaci povrchu zkoumaného artefaktu. Na oblibě získávají především laserové 3D scannery (Grosman et al., 2008; Lobb et al., 2010; Gilboa et al., 2013), ale také software GIS (Abe et al., 2002; Nerudová et al., 2011; Parkinson, 2013) nebo počítačová tomografie včetně mikro-CT (μ CT); (Abel et al., 2011; Lister et al., 2013). Výhodou těchto technologií je, že umožňují nejen záznam a analýzu artefaktů, ale také výrazně usnadňují archivaci a sdílení těchto dat mezi institucemi nebo sestavování virtuálních sbírek (Styliani et al., 2009; Osorio et al., 2011). Vedle toho je velkým přínosem možnost virtuální kompletace artefaktů, ať už se jedná o keramiku (Karasik et Smilansky, 2008), nebo o sestavení kompletní kostry vyhynulého zvířecího druhu z pozůstatků několika jedinců (Niven et al., 2009). Tato práce však nemá za cíl nalézt inovativní přístup založený na nejmodernějších technologiích,

kteří jsou často nákladné a nedostupné začátečníkům v oboru. Cílem je vyvinout jednoduchý a snadno aplikovatelný postup, jenž by usnadnil základní traseologickou analýzu těm, kteří s ní nemají dostatečné zkušenosti.

Novou metodu následně budeme testovat z hlediska časové efektivity v porovnání s metodou kresebné dokumentace. Autorka a poté tři dobrovolníci provedou kontrolní měření, získaná data následně použijeme k testování výzkumných hypotéz.

3.2 Výzkumné hypotézy

Pro ověření cílů práce jsme si stanovili tři výzkumné hypotézy, které mají odhalit rozdíl v časové efektivitě nově vyvíjené metodiky s metodou kresebné dokumentace.

H1: Dokumentace artefaktu prostřednictvím nové metody je časově méně náročná než dokumentace téhož artefaktu prostřednictvím kresebné metody.

H2: Opětovná lokalizace specifického bodu na mikroskopicky zkoumaném objektu je časově méně náročná prostřednictvím nové metody než lokalizace téhož bodu prostřednictvím kresebné metody.

H3: Velikost zkoumaného vzorku nemá významný vliv na rozdíl v časové náročnosti lokalizace specifického bodu prostřednictvím nové a kresebné metody.

H4: Materiál zkoumaného vzorku nemá významný vliv na rozdíl v časové náročnosti lokalizace specifického bodu prostřednictvím nové a kresebné metody.

První dvě hypotézy jsme formulovali tak, aby odpovídaly cílům této práce, tj. že nová metoda bude statisticky významně časově efektivnější. Do časové náročnosti zahrnujeme nejen čas potřebný k nalezení specifického bodu za pomoci nové či kresebné metody, ale rovněž čas nutný k zaznamenání tohoto bodu. Časová úspornost během hledání bodu může být totiž vyvážena zdlouhavým procesem dokumentace. Bez zvážení tohoto aspektu by se nově vyvíjená metoda mohla jevit časově efektivnější ve srovnání s kresebnou dokumentací, při praktické aplikaci by se však tato efektivita mohla vyrovnat nebo naopak převážit ve prospěch metody kresebné. První hypotéza tedy předpokládá, že dokumentace artefaktu a stop na jeho povrchu bude časově efektivnější prostřednictvím nově vyvíjené metodiky ve srovnání s kresebnou metodou. V rámci druhé hypotézy

očekáváme, že opětovná lokalizace již zdokumentovaných stop bude časově méně náročná, využijeme-li novou metodu, než prostřednictvím kresebné dokumentace.

Třetí hypotéza předpokládá, že u nové ani kresebné metody nebude statisticky signifikantní rozdíl v čase potřebném k nalezení konkrétního bodu s ohledem na velikost plochy, na které se bod nachází. Během výzkumu jsme si stanovili maximální rozměry zkoumaných vzorků. Výsledky testování druhé hypotézy mohou napovědět, zda bude metoda srovnatelně aplikovatelná na artefakty větších rozměrů, které jsou v traseologické analýze běžné, a především, zda bude u analýzy vzorků s většími rozměry výhodnější použít novou, nebo kresebnou metodu dokumentace. V tomto ohledu však významný rozdíl mezi oběma metodami neočekáváme, druhou hypotézu jsme proto formulovali konzervativně.

Podle čtvrté hypotézy nepředpokládáme statisticky významný rozdíl v čase potřebném k opětovné lokalizaci hledaného bodu s ohledem na materiál vzorku (tj., kámen nebo kost) ani u nové metody, ani u metody kresebné dokumentace. Povrchová struktura – např. drsný reliéf kamene nebo naopak hladká kompaktní kost – nebo světelná propustnost různých materiálů mohou mít vliv na nalezení bodu, zejména s ohledem na stíny a odlesky viditelné při mikroskopické analýze. Srovnáme proto časovou náročnost lokalizace specifických bodů prostřednictvím obou metod, přičemž vezmeme v úvahu možný vliv materiálů, ze kterých jsou artefakty vyrobeny. Hypotéza však neočekává, že by se rozdíl v čase potřebném k nalezení daného bodu s ohledem na materiál vzorku významně lišil, a to u nové ani kresebné metody dokumentace.

4 MATERIÁL

Materiál použitý k empirickému výzkumu byl experimentálního původu. Jednalo se o fragmenty kamene a zvířecích kostí upravených tak, aby odpovídaly požadavkům definovaným specificky pro tuto práci. Žádný rozměr použitých fragmentů nesměl být delší než 20 mm; minimální rozměr nebyl stanoven. Vzhledem k tomu, že se práce soustředí pouze na dvourozměrný prostor, vzorky měly plochou morfologii. Ta byla definována tak, že největší rozměr musel minimálně trojnásobně převyšovat rozměr nejmenší. Tyto požadavky byly stanoveny arbitrárně a jejich smyslem bylo sjednotit formální stránku vzorků.

4.1 Kamenný materiál

Materiál kamenných vzorků je rohovec typu Krumlovský les. Tento typ rohovce se vyskytuje na jižní Moravě v oblasti Krumlovského lesa a na Brněnsku (Oliva 2012:13) a pro výrobu kamenných nástrojů – listovitých hrotů, klínek nebo retušovaných drasadel – byl využíván již od mladého paleolitu (Oliva 2002).

Fragmenty použité k výrobě vzorků byly původně odpad z výroby experimentálních kamenných šipek¹. Pro účely této práce byly fragmenty štípáním rozděleny na menší vzorky podle výše uvedených pravidel pro maximální rozměry a plochý tvar. Některé z takto vzniklých vzorků byly dále upraveny nanesením stop mědi, červené křídly či tuhy. Další vzorky byly ponechány bez úpravy a pro účely mikroskopické analýzy byly použity přirozeně vzniklé mikrofraktury, strie, rýhy či lesky. Soubor kamenného materiálu celkem tvořilo 33 vzorků, přehled je uveden v tabulce 1.

Tabulka 1. Přehled kamenných vzorků použitých k výzkumu.

Číslo vzorku	Materiál	Stopa	Plocha [mm ²]
01	rohovec	křída	39,75
02	rohovec	mikrofraktury	62,32
03	rohovec	měď	38,34
04	rohovec	měď	52,53
05	rohovec	strie	72,75
06	rohovec	mikrofraktury	56,19
07	rohovec	měď	48,86
08	rohovec	lesk	39,98

¹ Za poskytnutí materiálu děkuji Václavu Burešovi.

Číslo vzorku	Materiál	Stopa	Plocha [mm ²]
09	rohovec	mikrofraktury	35,54
10	rohovec	měď	47,08
11	rohovec	strie	77,36
12	rohovec	lesk	105,72
13	rohovec	strie	72,62
14	rohovec	tuha	45,20
15	rohovec	tuha	46,67
16	rohovec	tuha	22,79
17	rohovec	tuha	44,49
18	rohovec	mikrofraktury	36,52
19	rohovec	měď	24,10
20	rohovec	měď	21,93
21	rohovec	měď	77,99
22	rohovec	měď	26,27
23	rohovec	lesk	67,93
24	rohovec	měď	39,46
25	rohovec	strie	27,43
26	rohovec	lesk	49,86
27	rohovec	strie	35,26
28	rohovec	mikrofraktury	37,77
29	rohovec	měď	17,20
30	rohovec	tuha	41,15
31	rohovec	křída	18,70
32	rohovec	měď	46,65
33	rohovec	měď	61,90

4.2 Kostěný materiál

Další část souboru tvořily vzorky vyrobené z čerstvých žeber prasete a kura. Kosti byly nejdříve očištěny měkkým kartáčkem a na 8 hodin naloženy v technickém lihu. Líh byl následně vymyt třemi lázněmi destilované vody. Poté byly kosti rozděleny na menší vzorky, aby odpovídaly výše uvedeným morfologickým požadavkům. Některé vzorky byly opatřeny stopami cihly, červené křídou či barvy. Na dalších vzorcích byl uměle vyroben vryp nebo lesk. U jednoho vzorku bylo využito přirozené reziduum měkké tkáně. Soubor kostěného materiálu tvořilo celkem 31 vzorků, které jsou uvedeny v tabulce 2.

Tabulka 2. Přehled kostěných vzorků použitých k výzkumu.

Číslo vzorku	Materiál	Stopa	Plocha [mm²]
34	kost	vryp	42,40
35	kost	cihla	25,88
36	kost	cihla	64,54
37	kost	měkká tkáň	38,64
38	kost	vryp	55,03
39	kost	lesk	48,31
40	kost	lesk	25,95
41	kost	lesk	59,94
42	kost	vryp	66,51
43	kost	vryp	55,21
44	kost	barva	22,58
45	kost	vryp	58,75
46	kost	cihla	47,93
47	kost	vryp	30,39
48	kost	vryp	17,60
49	kost	lesk	65,48
50	kost	lesk	44,89
51	kost	lesk	44,87
52	kost	vryp	31,75
53	kost	lesk	28,10
54	kost	cihla	33,16
55	kost	lesk	46,59
56	kost	křída	55,35
57	kost	vryp	27,38
58	kost	lesk	24,64
59	kost	vryp	19,39
60	kost	cihla	49,21
61	kost	lesk	51,85
62	kost	vryp	84,90
63	kost	lesk	31,19
64	kost	vryp	29,23

5 METODY

Pro tuto práci bylo klíčové vytvořit novou metodiku, která by zvýšila míru intersubjektivní při opětovném hledání specifických bodů pod mikroskopem. Následovala fáze empirického výzkumu, kdy byla metodika testována autorkou a třemi dobrovolníky. Cílem bylo ověřit, zda je nový způsob zaznamenání specifických bodů ve dvourozměrném prostoru časově efektivnější oproti metodě kresebné dokumentace. Ta je dosud v traseologii široce využívána jak pro osobní potřeby během výzkumu, tak v publikacích (Andrefsky, 2005; Neruda, 2010; Rots, 2010; van Gijn, 2010; van Gijn, osobní komunikace). Data získaná výzkumem byla následně analyzována pomocí statistických metod uvedených v oddílu Metody. Výstupy z analýzy jsou uvedeny v kapitole Výsledky, interpretace v kapitole Diskuse.

5.1 Principy vyvíjené metodiky

Účelem vyvíjené metodiky má být záznam specifického bodu ve dvourozměrném prostoru pod mikroskopem tak, aby (1) bylo zaznamenaný bod snadné opětovně nalézt, a to i pro badatele, kteří s traseologií a mikroskopickou analýzou všeobecně mají malé nebo žádné zkušenosti, a (2) opětovné hledání daného bodu bylo časově efektivnější za využití této metody oproti metodě kresebné dokumentace.

Nová metoda není založena na kresbě, nýbrž na fotografii. Zatímco kresebná dokumentace vyžaduje určitou míru zkušeností s technickým kreslením, fotografie je v tomto ohledu méně náročná a více intersubjektivní. Je samozřejmě třeba zmínit, že i fotografie je stejně jako kresba jistou formou interpretace dokumentovaného artefaktu (Sandweiss, 2007). Zásadní roli hraje zvolený světelný zdroj, protože barva nebo úhel dopadu světla mohou do značné míry ovlivnit vyznění barev nebo povrchového reliéfu zkoumaného artefaktu. Tento problém jsme se snažili omezit použitím kruhového světla. Jeho hlavní předností je rovnoměrné rozložení světelných paprsků po celém obvodu objektivu; tím je prakticky eliminováno riziko, že si každý badatel během empirického výzkumu nastaví světelný zdroj jinak, což by mohlo zkreslit efektivitu vyvíjeného postupu. Dále je při pořizování fotografických snímků třeba dbát na správné rozlišení a zaostření, měřítko a vyvážení bílé barvy.

Fotografie se k dokumentaci pracovních stop na archeologických a antropologických nálezech pochopitelně používají už několik desítek let (např. MacDonald et Sanger, 1968;

Symens, 1986; Hardy et Garufi, 1998), nejedná se o novou metodu. Většinou se však do fotografií přidávají podobné značky, jako u kresebné dokumentace; je to tedy spíše jiná forma téhož principu, nežli nový způsob dokumentace, který by postup při analýze zrychlil a zpřehlednil. Nebo se fotografie používají jako doplněk ke kresebné dokumentaci, kdy je artefakt jako celek zakreslený a konkrétní stopy jsou vyfotografovány. V posledních letech se prosazují moderní technologie jako 3D scannery (Grosman et al., 2008; Lobb et al., 2010; Gilboa et al., 2013) nebo počítačová tomografie (Abel et al., 2011; Lister et al., 2013), které umožňují bezkontaktní snímání povrchu zkoumaných objektů. Softwary typu Geographic Information System (GIS) zase umožňují rozsáhlou a detailní analýzu povrchového reliéfu (Abe et al., 2002; Nerudová et al., 2011; Parkinson, 2013). Cílem této práce však není nalézt inovativní přístup založený na nejmodernějších technologiích, který by získal data, jaká jsme dosud neměli k dispozici. Cílem je vyvinout jednoduchý, přehledný a snadno aplikovatelný postup, jenž by usnadnil základní traseologickou analýzu těm, kteří s ní nemají dostatečné zkušenosti.

5.1.1 Použité vybavení

5.1.1.1 Hardware

K vývoji nové metodiky byl použit mikroskop Nikon SMZ1500, s objektivem HR Plan Apo 1x WD54. Dále byl použit magnetický kulovitý stolek Nikon C-TRS a kruhové osvětlení C-FRL. Jednotlivé komponenty vybavení byly cíleně vybírány tak, aby byla manipulace s nimi jednoduchá s ohledem na malou míru zkušeností předpokládaných uživatelů metodiky. Snadná ovladatelnost vybavení měla zahrnovat také co nejmenší možnost individuálního nastavení podle osobních preferencí uživatelů.

Z tohoto důvodu bylo pro experiment zvoleno kruhové osvětlení. Tento typ světelného zdroje zajistil, že byly za všech okolností v průběhu celého výzkumu zachovány srovnatelné světelné podmínky. Intenzita a směr dopadajícího světla mají totiž významný vliv na vizuální dojem, stejný artefakt může pod různým osvětlením vyhlížet zcela jinak. Některé detaily povrchového reliéfu mohou při určitém úhlu dopadajícího světla zaniknout, jiné naopak vizuálně prominovat. Při odlišném umístění světelného zdroje pak bude tentýž reliéf vyhlížet jinak, a dojde tedy ke změně podmínek. Cílem však bylo zajistit, aby stejný artefakt vyhlížel identicky na snímku pořízeném v rámci nově vyvíjené

metodiky a při pohledu do mikroskopu při opětovném hledání určeného bodu. Z tohoto důvodu jsme dali přednost kruhovému osvětlení před ohebnými světlovody. Ty sice umožňují přesnější nasvětlení konkrétního bodu, na druhou stranu však nesplňují požadavek na intersubjektivitu podmínek během výzkumu.

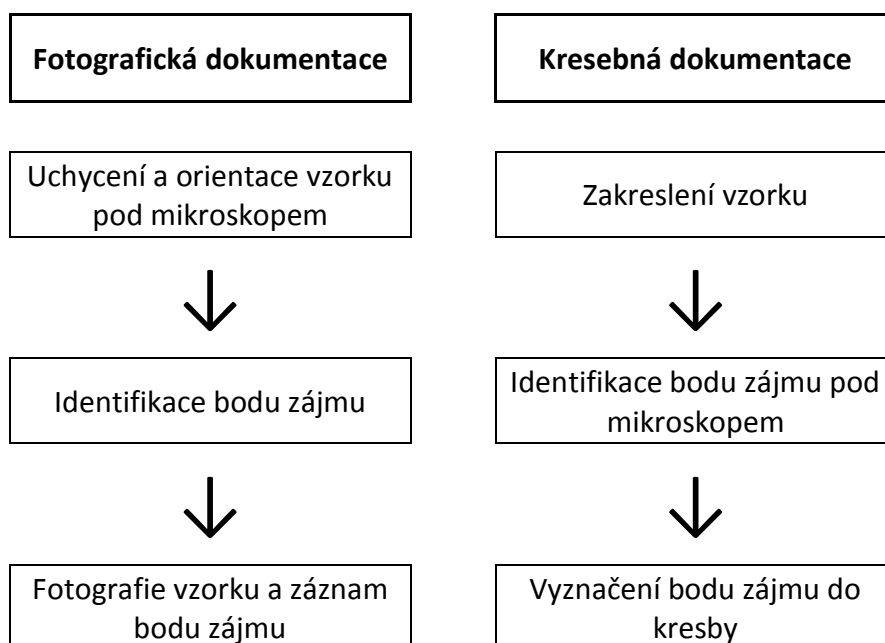
5.1.1.2 Software

Ke zpracování fotografií byl využit software NIS-Elements ve verzi Br 4.20.00 64-bit.

5.2 Design experimentu

Empirický výzkum byl veden ve dvou fázích a dvou liniích, jejichž cílem bylo změřit časovou náročnost nové metody a metody kresebné dokumentace. Základní schéma výzkumu popisují graf 1 a graf 2.

V první fázi bylo třeba zdokumentovat stopy na připravených vzorcích. V jedné linii jsme tedy pořizovali fotografie vzorků, v druhé linii jsme tytéž vzorky zakreslili. První fázi výzkumu prováděla pouze autorka.



Graf 1. Schéma první fáze empirického výzkumu.

V druhé fázi jsme měřili čas potřebný k nalezení stopy zaznamenané pomocí nové nebo kresebné metody. Této fázi se kromě autorky účastnili také tři dobrovolníci. Každému

respondentovi včetně autorky bylo při vyhodnocování výsledků náhodně přiřazeno číslo 1 – 4, pod kterým jsou uváděni v kapitolách 6.2.1 – 6.2.4., toto číslo tedy nevyjadřuje pořadí, v jakém se respondenti výzkumu účastnili. Každý z respondentů dostal na začátku každého měření podklady potřebné k nalezení hledané stopy (viz podkapitoly 5.4.4 a 5.5.1) a samotný artefakt v uzavřeném sáčku. Teprve po spuštění časomíry mohli otevřít sáček a podívat se na fotografii nebo kresbu. Časomíra byla zastavena poté, co měřící dobrovolník našel danou stopu; čas byl zaznamenán ve vteřinách s přesností na dvě desetinná místa.



Graf 2. Schéma druhé fáze empirického výzkumu.

Každý vzorek bylo třeba použít dvakrát, jednou při testování nové metodiky a jednou při testování kresebné metodiky. Mezi těmito dvěma měřeními byl stanovený minimální rozestup 7 dnů. Vzorky byly řazeny náhodně, nikoli podle jejich čísla. Testování fotografické a kresebné dokumentace neprobíhalo odděleně (tj. v jednom kole použití pouze fotografií a v druhém kole pouze kreseb nebo naopak), nýbrž se obě metody prolínaly. V jednom kole jsme tedy polovinu vzorků testovali pomocí nové metody a druhou polovinu vzorků pomocí kresebné dokumentace; v druhém kole to bylo právě naopak. Fotografie a kresby se navíc v každém kole pravidelně střídaly. Tato opatření měla zamezit vlivu paměti nebo zvyku na výsledky časomíry. Menší časový rozestup mezi jednotlivými koly měření mohl způsobit zkreslení výsledků, neboť by si respondenti mohli jednotlivé stopy zapamatovat. Pokud by šly vzorky za sebou pokaždé ve stejném pořadí, opět by to mohlo u respondentů vyvolat vzpomínku na předchozí testování. Střídání fotografií a kreseb mělo zamezit tomu, aby si po několika měřeních nevytvářel respondent rutinu, která by opět mohla vést ke zkreslení výsledků – např. pokud hledáme pracovní stopy u 30 vzorků stejnou metodou, je pravděpodobné, že u 30. vzorku budeme

potřebovat k nalezení stopy kratší čas než u vzorku 1. Toto však má spojitost se zkušeností a zavedenou rutinou, nikoli s efektivitou dané metody.

Plochu vzorku pro ověření vztahu mezi velikostí a časem potřebným k lokalizaci hledaného bodu jsme měřili v programu NIS-Elements následující sérií kroků: Měření → Manuální měření → Plocha → Automatická detekce. Tento příkaz sám identifikuje hrany objektu a změří obsah jeho plochy. Aby byly hrany vzorků snáze rozpoznatelné, měřili jsme plochu na kontrastním podkladu – černém u kostí a světlých vzorků rohovce, bílém u tmavých vzorků rohovce.

5.3 Respondenti

Druhou fází empirického výzkumu prováděla autorka a tři testující dobrovolníci. Při vyhodnocování výsledků byli respondenti včetně autorky zakódováni do čísel 1 – 4; tato čísla byla přiřazena náhodně za pomoci počítače a nevyjadřují pořadí, v jakém se respondenti výzkumu účastnili.

Respondent 1 je autorka práce, jako jediná tedy měla zkušenosti s oběma metodami před započítím druhé fáze výzkumu. S mikroskopickou analýzou traseologických stop neměla před zahájením vývoje dokumentační metodiky zkušenosti. Testování metod prováděla jako první, aby nebyla ovlivněna pamětí při opakované práci s artefakty a jejich záznamy během měření s ostatními respondenty.

Respondent 2 se zabývá histologií tvrdých tkání, a má tedy zkušenosti s prací s mikroskopem. Před zahájením experimentálního měření však neměl žádné zkušenosti s traseologickou analýzou.

Respondent 3 se zabývá mikroskopickou analýzou zvířecích kostí, ovšem pouze v horizontu několika měsíců. Před testováním dokumentačních metod tedy respondentka měla menší míru zkušeností a téměř žádné vlastní pracovní návyky.

Respondent 4 měl již před účastí na projektu zkušenosti i vlastní návyky pro práci s mikroskopem a analýzou povrchu. Dlouhodobě se věnuje traseologické analýze především kamenných artefaktů.

5.4 Pracovní postup nové metody

Postup při využití nové metodiky lze shrnout do následujících bodů: (1) orientace vzorku; (2) sejmutí fotografie; (3) zpracování fotografie v počítači. Tyto body jsou více

rozvedeny v následujících podkapitolách. Srovnání časové efektivity dokumentačního postupu s metodou kresebné dokumentace se týká pouze bodů (2) a (3), a je testováno v kapitole 6.1. Software NIS-Elements, který jsme ke zpracování snímků použili, umožňuje používání maker – ta při správném nastavení umožňují výrazné zrychlení procesu. Během testování časové náročnosti dokumentace artefaktů jsme však makra nepoužili; možnostmi jejich využití se zabýváme v sedmé kapitole této práce.

5.4.1 Orientace vzorku

K orientaci vzorku byl využit posuvný stoleček a magnetický kulovitý stoleček. Díky této kombinaci bylo možné vzorek posouvat po ose X (levopravé) i Y (předozadní), a zároveň jej naklánět v rovině, kterou tyto osy definují. Směr náklonu byl zaznamenán ve formě „hodin“ – tj. po obvodu kulovitého stolku bylo pomyslně rozmístěno 12 bodů jako na ciferníku a směr, ve kterém byl stolec nakloněn, odpovídal této „hodině“. „12 hodin“ tak znamená náklon směrem od pozorovatele, „3 hodiny“ znamenají sklopení pravého okraje stolku z pohledu pozorovatele. Tento systém byl vytvořen proto, aby usnadnil lokalizaci stop, které nejsou zřetelné při kolmém pohledu shora. Zkoumaný vzorek tak mohl být orientován podle libovolné osy tak, aby byla maximalizována viditelnost zkoumané stopy.

5.4.2 Sejmутí fotografie

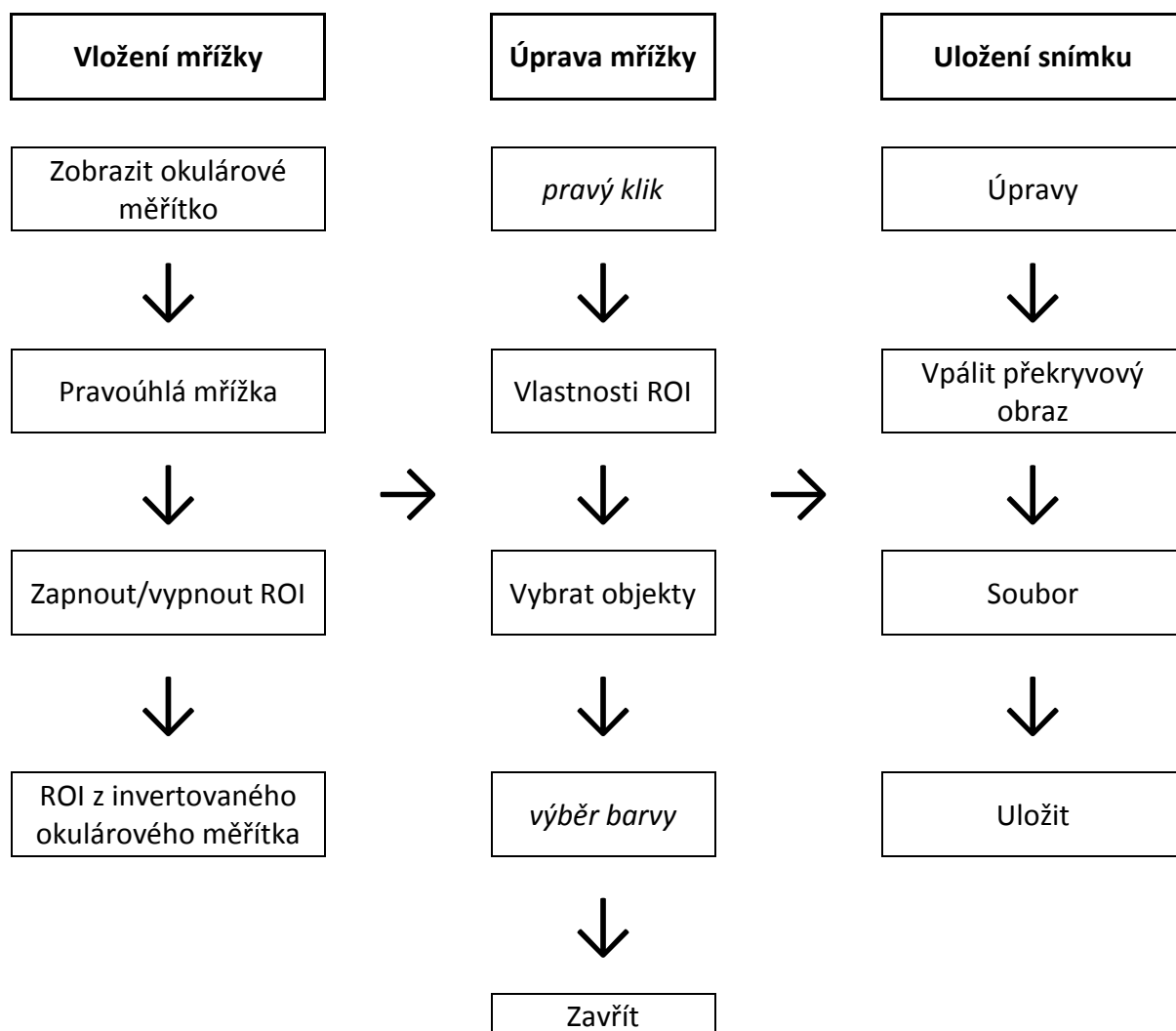
Po identifikaci a orientaci bodu zájmu nastala fáze snímání. Ta vyžadovala optimalizaci světelnosti mikroskopu, manuální zaostření i optimalizaci hloubky ostroty objektivu. Snímek byl vytvořen pomocí příkazů Zmrazit obraz → Sejmout. Fotografie byla pořizována tak, aby na ní byla nejen dobře viditelná hledaná stopa, ale aby z ní byla zřetelná i celková pozice artefaktu. Pokud byl vzorek příliš velký a nevešel se celý do záběru, byl složen za pomoci funkce Sestavit velký obrázek ze souborů.

5.4.3 Zpracování fotografie v počítači

Snímek byl následně upraven v programu NIS-Elements. Schéma pracovního postupu úpravy snímku je ilustrováno grafem 3. Nejdříve jsme pomocí příkazu Zobrazit okulárové měřítko → Pravoúhlá mřížka zobrazili nad snímkem mřížku s arbitrárně zvolenou hustotou okének 1x1 mm. Poté jsme každému okénku přiřadili pořadové číslo příkazy Zapnout/vypnout ROI → ROI z invertovaného okulárového měřítka. Zkratka ROI pochází z

anglického *region of interest* (oblast zájmu) a v NIS-Elements se jedná o nástroj, který umožňuje vybrat pouze určitou část nebo části obrazu, které budou dále analyzovány. V tomto případě využíváme pouze formálních vlastností ROI, díky kterým můžeme každému okénku v mřížce přiřadit číslo; ROI jako takové však neaktivujeme a nevyužíváme ani dalších vlastností tohoto nástroje. Zobrazenou očíslovanou mřížku je nutné dále upravit. Každé okénko má v této chvíli jinou barvu, což pro náš účel působí rušivě. Proto na mřížku klikneme pravým tlačítkem myši a vybereme možnost Vlastnosti ROI. V zobrazené nabídce možností zvolíme Vybrat objekty, z nabídky vybereme jednotnou barvu, kterou bude mít celá mřížka, a tlačítkem Zavřít úpravu dokončíme. Pro výzkum prováděný v této práci jsme jako cílovou barvu zvolili světle šedou. Tento odstín není natolik kontrastní, aby působil rušivě, zároveň je však dobře odlišitelný od podkladové fotografie. Tímto postupem jsme získali snímek vzorku, přes který je zobrazena očíslovaná mřížka se standardizovanou barvou i hustotou okének. Nyní si můžeme jednoduše poznamenat číslo okénka, ve kterém se hledaná stopa nachází. V horním menu zvolíme možnost Úpravy → Vpálit překryvový obraz. Tímto postupem sloučíme podkladový snímek vzorku s překryvovou mřížkou, abychom mohli vše uložit jako jeden celek. Bez tohoto kroku se svrchní vrstva neuloží a bylo by nutné před každým zkoumáním artefaktu znovu opakovat celý postup na vložení překryvové mřížky. Příkazy Soubor → Uložit dokončíme proces dokumentace.

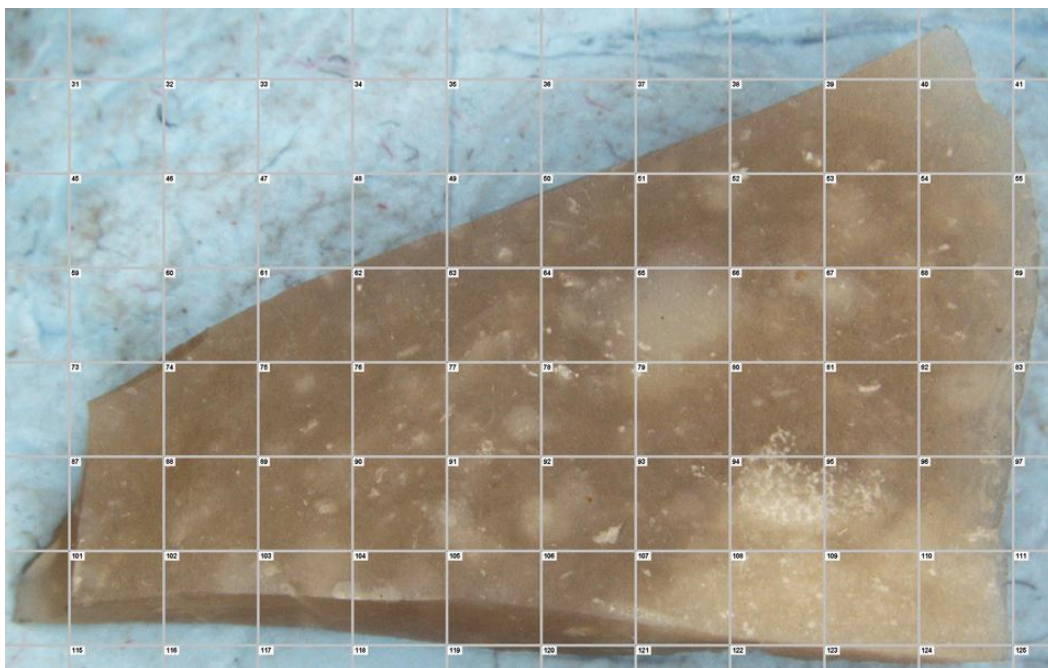
Takto pořízené fotografie jsou ovšem vhodné pouze pro výzkumné účely. V případě, že bychom chtěli snímky publikovat, by je bylo nutné dále upravit. Tyto úpravy jsme neprováděli z několika důvodů. Jednak se jedná o pracovní materiál pouze pro potřeby respondentů během experimentálních měření. Dále bylo vzhledem k hypotéze 1 o časové efektivitě záznamu artefaktu vhodné neprovádět kroky, které nejsou nezbytně nutné pro potřeby výzkumu.



Graf 3. Postup úpravy snímku v softwaru NIS Elements. Vertikální šipky ukazují postup jednotlivých kroků, horizontální šipky pořadí jednotlivých fází procesu. Kurzíva značí úkon jiný než levý klik na uvedenou funkci.

5.4.4 Výstupní podklady

Při dodržení tohoto postupu dokumentace získáme nakonec následující podklady, které nám poslouží při opětovném hledání stopy: (1) fotografii artefaktu se standardizovanou mřížkou; (2) číslo pole mřížky, v němž se hledaná stopa nachází; (3) směr náklonu artefaktu, vyjádřený jako „hodiny“. Dále pro identifikaci bodu zájmu potřebujeme znát (4) typ stopy, tzn., zda se jedná o lesk, mikrofrakturu, strii, vryp, reziduum mědi, měkké tkáně atd. Příklad výstupních podkladů ilustruje obrázek 1 a tabulka 3.



Obrázek 1. Příklad snímku artefaktu při použití popsané fotografické metody dokumentace.

Tabulka 3. Příklad údajů potřebných pro lokalizaci specifického bodu za použití popsané fotografické metody dokumentace.

Číslo vzorku	Materiál	Stopa	Pole	Hodina
14	rohovec	tuha	68	0

5.5 Pracovní postup kresebné metody

Kresebná dokumentace artefaktů se řídila několika pravidly. Artefakty byly orientovány podle podélné osy a zakresleny v rovině, bez jakéhokoli náklonu. Kresba obsahuje pouze základní obrysy artefaktu, bez stínování, vyznačení směru úderu a dalších informací. Toto mělo optimalizovat čas potřebný k dokumentaci vzhledem k testování časové efektivity fotografování oproti zakreslení. Testující respondenti navíc dostali jako podkladový materiál kresbu pořízenou autorkou. Minimalistické provedení tak mělo opět zvýšit intersubjektivitu a zmenšit podíl osobního stylu, který by mohl ovlivnit vnímání kresby ze strany respondentů. Stejně jako fotografie, také použité kresby byly pořízeny výhradně pro účely provedení experimentu popsaného v této práci. Podklady mají simulovat

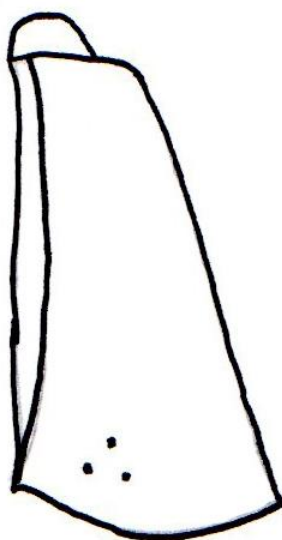
pracovní materiály pouze pro potřeby badatelů, nikoli podklady pro publikace. V takovém případě by bylo nutné kresby zcela přepracovat.

Poloha dokumentované stopy je vyznačena třemi tečkami uspořádanými do trojúhelníku. Tento symbol byl zvolen tak, aby se odlišoval od symbolů používaných jinými autory v traseologické literatuře (např. Inizan et al., 1995; Rots, 2010; van Gijn, 2010). Mezi těmito symboly totiž panuje nejednotnost a stejný nebo podobný symbol je nezdědka používán pro jiný znak či informaci. Pro konkrétní typy stop také někteří autoři používají konkrétní značky. Vzhledem k tomu, že vyvíjená metodika je cílená na badatele, kteří nemají zažité různé styly kresebné dokumentace, a tedy ani různé typy symbolů, byl upřednostněn jednotný symbol pro všechny typy hledaných stop.

Každý artefakt byl zakreslen na zvláštní kartičku, která byla při experimentálním měření přiložena do sáčku spolu se vzorkem. V případě, že byla stopa hledána pomocí fotografické metody, byla kartička s kresbou ze sáčku předem vyjmuta. Tak neměl respondent během jednoho měření možnost vidět zároveň fotografii i kresbu.

5.5.1 Výstupní podklady

Při použití kresebné dokumentace získáme jako výstupní podklad pro opětovné hledání stopy (1) kresbu artefaktu, na níž je vyznačena poloha stopy. Dále budeme potřebovat znát (2) typ stopy, tzn., zda se jedná o lesk, mikrofrakturu, strii, vryp, reziduum mědi, měkké tkáně atd. Výstupní materiály kresebné dokumentace jsou ilustrovány obrázkem 2 a tabulkou 4.



Obrázek 2. Příklad kresby artefaktu za dodržení popsaného postupu zakreslení.

Tabulka 4. Příklad údajů potřebných pro lokalizaci specifického bodu za použití kresebné dokumentace.

Číslo vzorku	Materiál	Stopa
14	rohovec	tuha

5.6 Statistické metody

Výzkumné hypotézy jsme testovali pomocí následujících statistických metod. Hypotézy 1 a 2, které se zabývají srovnáním časové efektivity nové metody dokumentace s dokumentací kresebnou, jsme ověřovali pomocí znaménkového testu. Pro testování třetí hypotézy, která popisuje vztah mezi velikostí vzorku a časem potřebným k lokalizaci hledaného bodu, jsme zvolili korelační analýzu, konkrétně Spearmanův koeficient pořadové korelace. Konečně hypotéza 4 se týká vztahu času potřebného k lokalizaci daného bodu a materiálu vzorku; tento předpoklad jsme testovali pomocí analýzy kovariance (ANCOVA).

5.6.1 Znaménkový test

Prováděný výzkum porovnával časovou efektivitu dvou metod na jednom souboru, získaná data jsou proto závislého charakteru. Pro jejich analýzu je třeba použít párového testu, který srovnává výsledky dvou měření téhož souboru (Sokal et Rohlf, 2009:204). Znaménkový test je alternativou parametrického párového t-testu, který srovnává průměrné hodnoty. Námi zvolený test naproti tomu využívá medián rozdílů naměřených hodnot (McDonald, 2009:185). Stejně jako Wilcoxonův párový test, známější neparametrická obdoba párového t-testu, nepředpokládá znaménkový test normální rozdělení dat; na rozdíl od něj však od dat nevyžaduje ani symetrii. Přestože má tedy znaménkový test menší sílu než test Wilcoxonův, pro výrazně nesymetrická data je vhodnější (Zar, 2010:184). Takový charakter mají výsledky měření prováděných v rámci výzkumné části této práce, proto jsme zvolili právě znaménkový test.

Při výpočtu znaménkového testu postupujeme tak, že u každé dvojice hodnot zjistíme rozdíl. Nepracujeme však s hodnotou tohoto rozdílu, nýbrž s jeho znaménkem. Zajímá nás, v kolika případech je rozdíl mezi naměřenými dvojicemi hodnot kladný a v kolika záporný. Páry, jejichž rozdíl mezi hodnotami je nulový, z analýzy vylučujeme. Nulová

hypotéza předpokládá, že počet rozdílů s kladným znaménkem bude stejný jako počet rozdílů se znaménkem záporným, nebo jinými slovy že oba výběry mají stejnou pravděpodobnost, že jeden z nich bude větší než druhý. Kladné znaménko by tedy měla mít jedna polovina rozdílů, zatímco druhá polovina by měla mít znaménko záporné. Matematicky lze nulovou hypotézu vyjádřit následovně:

$$H_0: p_0 = q_0 = 0,5$$

Zde p_0 vyjadřuje kladné a q_0 záporné rozdíly. Alternativní hypotéza naopak předpokládá, že poměr kladných a záporných rozdílů shodný není, matematicky zapsáno tedy:

$$H_A: p_0 \neq q_0$$

Testováním nulové hypotézy získáme p-hodnotu, která udává procentuální pravděpodobnost, že se vyskytnou stejné nebo extrémnější výsledky (Sokal et Rohlf, 2009:227; Zar, 2010:537–538).

Výsledky každého testování jsou uvedeny v tabulce, která obsahuje velikost souboru (N), průměr a medián, testové kritérium (r) a p-hodnotu (p). Všechna měření jsme prováděli na standardní hladině významnosti $\alpha = 0,05$. Získáme-li $p < 0,05$, výsledek interpretujeme tak, že jedno ze znamének (+ nebo –) rozdílu každého páru se vyskytuje statisticky významně častěji, a jeden výběr je tedy signifikantně větší než druhý.

Kromě tabulky jsou výsledky vyjádřeny i graficky za pomoci krabicového grafu (boxplotu). Střední část diagramu (krabice) je zdola vymezena prvním a shora třetím kvantilem. Horizontála uvnitř krabice značí medián. Nahoru i dolů od krabicové části směřují svislé linie zakončené krátkými vodorovnými liniemi. Tyto tzv. fousky značí zdola minimální a shora maximální naměřenou hodnotu.

5.6.2 Spearmanův koeficient pořadové korelace

Třetí výzkumná hypotéza předpokládá, že velikost plochy vzorku nemá signifikantní vliv na čas potřebný k nalezení specifického bodu na této ploše, a to ani u jedné z dokumentačních metod. Plochu jsme měřili v mm^2 , čas ve vteřinách. Soubory dat, které jsme podrobili statistické analýze za účelem testování této hypotézy, silně porušují předpoklad o normalitě rozdělení. Zvolili jsme proto neparametrický test, který pracuje s pořadím naměřených hodnot (Zar, 2010:398), nikoli s jejich průměry. Existují dvě nejznámější metody, které počítají pořadový koeficient korelace, Spearmanova

(Spearman, 1904) a Kendallova (Kendall, 1948). Zatímco Spearmanova metoda výpočtu pracuje s číselnými rozdíly jednotlivých seřazených položek, Kendall počítá pouze s pořadím (Press et al., 2002:642). Z hlediska statistické významnosti mají oba testy zpravidla velmi podobné výsledky (Colwell et Gillett, 1982:307; Zar, 2010:402), a nemusí být proto jednoduché rozlišit, který z nich je vhodnější použít; vzhledem k podobným výsledkům jsou testy někdy dokonce brány jako funkčně ekvivalentní (Press et al., 2002:642). Argumentem ve prospěch použití Spearmanova koeficientu pořadové korelace (značeného jako ρ , *rho* nebo r_s) je jeho přímočarost (Press et al., 2002:642), z praktického hlediska bývá často uváděn jeho jednodušší výpočet (Colwell et Gillett, 1982:307; Zar, 2010:402). V dnešní době, kdy je dostupná celá řada mnohdy bezplatných statistických softwarů, tento argument ovšem ztrácí na síle. Kladným aspektem výpočtu Kendallova koeficientu (značeného jako τ) je, že jeho rozdělení lépe aproximuje normální distribuci (Colwell and Gillett, 1982:307). Pro analýzu vztahu mezi velikostí plochy a časem potřebným k nalezení hledaného bodu jsme zvolili Spearmanův způsob výpočtu, který je rozšířenější.

Můžeme se setkat s několika způsoby značení Spearmanova koeficientu pořadové korelace. Přestože se jedná o výběrovou statistiku, a nikoli parametr, je zvykem jej vyjadřovat řeckým písmenem ρ , případně jeho přepisem do latinky *rho*; třetí variantou je označení r_s , kde dolní index *S* značí jméno autora rovnice. My jsme zvolili tento způsob zápisu, abychom zamezili případným záměnám řeckého písmene ρ s parametrem. Jak už název metody napovídá, výpočet pracuje s pořadím a nikoli průměrem naměřených hodnot. Každé hodnotě v souboru tedy přiřadí pořadové číslo a poté srovnává, nakolik se tato přiřazená pořadí shodují mezi testovanými soubory (Zar, 2010:401–402). Existuje mnoho variant matematických zápisů výpočtu Spearmanova r_s . Zde uvedená rovnice je zjednodušením zápisu podle Presse et al. (2002:640), podle které postupuje použitý statistický software Past (Hammer, 2013:62–63).

$$r_s = 1 - \frac{6 \sum_{i=1}^N d^2}{N^3 - N}$$

Zde N značí počet jednotek v souboru a d v čitateli vyjadřuje rozdíly mezi jednotlivými páry hodnot. Jeho výpočet je třeba si blíže vysvětlit. Máme dva soubory označené jako X a Y . Každé položce v souboru přiřadíme pořadové číslo 1 až i podle jejich hodnoty; v případě, že mají dvě položky stejnou hodnotu, přiřadí se jim průměrné číslo pořadí,

kteřé by hodnoty získaly, pokud by se lišily a následovaly v pořadí po sobě. Následně srovnáme, zda a jak se hodnoty x_i a y_i mezi sebou liší. V případě, že je jejich pořadí shodné, rozdíl je nulový; je-li x_i větší, zapíšeme rozdíl s kladným znaménkem, a naopak, je-li větší hodnota y_i , bude mít rozdíl znaménko záporné. Na hodnotu d má tedy vliv nejen to, zda se sledované páry od sebe liší, jako je tomu u Kendallova τ , ale také, o kolik se liší. Každou hodnotu d_i pak jednoduše vypočteme pomocí následující rovnice:

$$d_i = x_i - y_i$$

Čitatel rovnice výpočtu koeficientu r_s tedy značí šestinásobek součtu čtverců rozdílů $x_i - y_i$ pro soubor o velikosti N .

Výsledná hodnota Spearmanova r_s se bude pohybovat v rozmezí $\langle -1, 1 \rangle$ a tento koeficient nemá jednotky. Čím více se koeficient blíží hodnotě -1 nebo 1 , tím silnější korelace panuje mezi soubory X a Y . Naopak hodnoty blízké nule interpretujeme jako souvislost velmi malou až žádnou. Kladná hodnota znamená přímou korelaci, tedy se zvýšením hodnoty x_i se zvětší i hodnota y_i . Naopak záporný koeficient ukazuje, že zvětšením jedné se druhá hodnota zmenší (Press et al., 2002:639–641; Zar, 2010:398–400).

Získaný korelační koeficient je testovým kritériem, které porovnáme s tabulkou kritických hodnot podle Zará (2010:774) na standardní hladině statistické významnosti $\alpha = 0,05$. Pokud je testové kritérium menší než kritická hodnota uvedená pro patřičnou velikost souboru (N), nulovou hypotézu nemáme důvod zamítat. Naopak překročí-li r_s kritickou hodnotu, nulovou hypotézu zamítáme. Ta v našem případě vypadá následovně:

$$H_0: r_s = 0$$

Nulová hypotéza předpokládá, že mezi pozorovanými soubory není vztah. Zamítnutím nulové hypotézy přijímáme alternativní hypotézu, tedy že soubory jsou vzájemně korelované:

$$H_A: r_s \neq 0$$

Výsledky testování vztahu mezi velikostí plochy artefaktu a časem potřebným k nalezení specifického bodu jsou shrnuté v tabulce, která uvádí velikost souboru (N), testové kritérium (r_s) a kritickou hodnotu.

5.6.3 Analýza kovariance

Analýza kovariance, zkráceně ANCOVA, je statistická metoda, která umožňuje porovnání průměrů dvou nebo více skupin po odstranění vlivu proměnné zvané kovariát (Quinn et Keough, 2002:339; Tabachnick et Fidell, 2007:195; McDonald, 2009:211; Zar, 2010:284). ANCOVA je založena na kombinaci analýzy rozptylu (ANOVA) a regresní analýzy. Při analýze kovariance se uplatňuje několik typů proměnných: (1) nezávislá proměnná, zvaná také vysvětlující, faktor nebo X, zpravidla kategoriální; (2) závislá proměnná (vysvětlovaná, Y), která je spojitého typu; (3) kovariát mající předpokládaný vliv na závislou proměnnou. Kovariátů může být i více, ale nesmí být vzájemně závislé. Pokud data pro analýzu získáváme pomocí experimentu, je vhodné kovariáty zaznamenat před jeho zahájením. Tak zajistíme, že kovariáty nebudou experimentem ovlivněny, což by vedlo k odstranění určité části vztahu mezi závislou a nezávislou proměnnou, a tím ke ztížení interpretace výsledků (Tabachnick et Fidell, 2007:200).

Na základě čtvrté výzkumné hypotézy chceme ověřit, jaký vliv má materiál vzorku na čas potřebný k lokalizaci specifického bodu prostřednictvím nové a kresebné metody. Předpokládáme přitom, že vliv materiálu, nebude statisticky významný. Použitá dokumentační metodika, tedy fotografická a kresebná, jsou v našem případě nezávislé (vysvětlující) proměnné. Čas potřebný k lokalizaci zaznamenaného bodu je proměnná nezávislá, vysvětlovaná. Materiál, ze kterého je vzorek vyroben, je kovariát, jehož vliv sledujeme. Pro potřeby statistické analýzy jsme použili zástupné hodnoty, kdy kámen byl kódován jako 1 a kost jako 2.

Analýza kovariance odpovídá na výzkumnou otázku, zda a případně do jaké míry jsou rozdíly mezi průměry závislých proměnných upravenými s ohledem na kovariát dílem náhody (Tabachnick et Fidell, 2007:195). Kovariát tak můžeme přirovnat k jakémusi „šumu“, jehož odstranění umožňuje jasnější analýzu vztahu mezi závislou a nezávislou proměnnou. Upravené průměry, které po provedení analýzy kovariance získáme, jsou vlastně hodnoty, které bychom naměřili, pokud by bylo skóre kovariátu stejné u všech položek. V některých případech tak mohou být průměrné hodnoty zcela nereálné a je třeba s nimi pracovat jako s hypotetickými (Tabachnick et Fidell, 2007:200). V našem případě se pak upravené průměry týkají časů potřebných k lokalizaci hledaného bodu na artefaktech, které se neliší z hlediska materiálu.

Matematický zápis postupu analýzy kovariance se bude lišit podle toho, kolik máme faktorů (nezávislých proměnných), závislých proměnných a kovariátů. V našem případě máme každou proměnnou zastoupenou právě jednou, rovnice tedy vypadá takto:

$$y_{ij} = \mu + \alpha_i + \beta(x_{ij} - \bar{x}) + \varepsilon_{ij}$$

Zde i je úroveň nezávislé proměnné, která dělí pozorování do skupin (tedy fotografická či kresebná metoda dokumentace), j značí pořadí prováděného pozorování či měření. Následně y_{ij} je hodnota závislé proměnné pro j -té pozorování i -té úrovně faktoru; μ je celkový průměr závislé proměnné; α_i je vliv i -té úrovně nezávislé proměnné (faktoru), který vypočítáme jako rozdíl mezi průměrem této úrovně (μ_i) a celkovým průměrem (μ); β je regresní koeficient, který vyjadřuje sklon regresní přímky vztahu závislé proměnné a kovariátu pro každou skupinu definovanou i -tou úrovní faktoru; x_{ij} je hodnota kovariátu pro j -té pozorování na i -té úrovni faktoru; \bar{x} je průměrná hodnota všech kovariátů; a konečně ε_{ij} je náhodná chyba j -tého pozorování na i -té úrovni faktoru. Tyto chyby nelze vysvětlit vlivy faktoru ani vztahem s kovariátem a předpokládáme, že mají normální rozdělení (Quinn and Keough, 2002:344).

Abychom mohli analýzu kovariance provést, je třeba zohlednit předpoklady tohoto testu. Tyto předpoklady jsou: (1) normální rozdělení; (2) homogenita rozptylů; (3) spolehlivost kovariátů; (4) lineární vztah mezi kovariátem a závislou proměnnou; a (5) homogenita regresních koeficientů (Tabachnick et Fidell, 2007:201).

Předpoklad normálního rozdělení se netýká samotných dat, nýbrž výběrových průměrů. Podle centrální limitní věty můžeme normální rozdělení výběrových průměrů očekávat u dostatečně velkých souborů ($df_{error} \geq 20$) i v případě, že samotná původní data normálně rozdělená nejsou (Tabachnick et Fidell, 2007:202).

Dalším předpokladem je homogenita rozptylů, která se týká hodnot závislé proměnné i kovariátu. V případě, že je tento předpoklad porušen, je vhodné zvolit přísnější hladinu významnosti, např. 0,025 místo standardních 0,05 nebo zvolit jiný kovariát, je-li to možné, případně transformovat data (Tabachnick and Fidell, 2007:202). Homogenitu rozptylů jsme ověřovali pomocí Levenova testu (Hammer, 2013:49).

Předpokladem o spolehlivosti kovariátů je míněno, že jejich hodnoty či skóre jsou naměřeny bez chyby. V případě, že je kovariát proměnná spojitého typu, je tento předpoklad poměrně obtížné dodržet, protože určitá míra chybovosti měření se vyskytuje vždy. Výrazné porušení tohoto předpokladu může vést k poklesu síly testu a tím

k dezinterpretaci výsledků (Quinn and Keough, 2002:349; Tabachnick and Fidell, 2007:203).

Dále při analýze kovariance očekáváme, že vztah mezi závislou proměnnou a kovariátem bude v každé skupině definované úrovní nezávislé proměnné lineární. To samé platí pro vztahy mezi jednotlivými kovariáty, pokud jich máme více. Nabývá-li kovariát pouze dvou hodnot, není třeba linearitu testovat, protože takové proměnné mají s ostatními proměnnými vždy lineární vztah. Při závažném porušení tohoto předpokladu je vhodné zvážit transformaci dat nebo vypustit kovariát, který je zdrojem nelinearity, pokud to je možné. Pokud to nelze, můžeme naopak přidat polynom popisující nelineární vztah jako další kovariát. (Quinn and Keough, 2002:348–349; Tabachnick and Fidell, 2007:110,202).

Posledním předpokladem je homogenita regresních koeficientů. To znamená stejný sklon regresních přímek u všech úrovní nezávislé proměnné, tedy jejich rovnoběžnost. Pokud tento předpoklad porušíme, bude se odpověď na výzkumnou otázku – tedy jak se liší rozdíl průměrů po odstranění vlivu kovariátu – lišit podle toho, kde na ose X rozdíl zjišťujeme. V případě závažného narušení rovnoběžnosti regresních přímek je možné provést transformaci dat (Quinn and Keough, 2002:349–352; Tabachnick and Fidell, 2007:202).

Nulová hypotéza jednofaktorové analýzy kovariance s jedním kovariátem předpokládá, že průměry porovnávaných skupin, které jsou definovány jednotlivými úrovněmi faktoru (nezávislé proměnné), se po úpravě (odstranění vlivu kovariátu) mezi sebou nebudou významně lišit. Hypotézu testujeme pomocí F testu, jeho výsledek udává podíl čtverce upravených průměrů mezi skupinami a uvnitř skupin. Tyto čtverce upravených průměrů uvnitř, resp. vně skupin vypočítáme vydělením sumy čtverců rozdílů uvnitř, resp. vně skupin patřičným počtem stupňů volnosti. Celkový postup výpočtu všech těchto údajů je poměrně komplikovaný, a proto se jím zde nebudeme blíže zabývat. Zájemci si jej mohou nastudovat u Tabachnickové a Fiddelové (2007:204–209), které poskytují obsáhlý popis celé procedury.

Výsledky analýzy jsou prezentovány v tabulce, která obsahuje zdroj variability (průměr a rezidua), sumu čtverců upravených rozdílů uvnitř a mezi skupinami, stupně volnosti, čtverec upravených průměrů uvnitř a mezi skupinami, testové kritérium F a p-hodnotu. Hladina významnosti byla zvolena standardní $\alpha = 0,05$.

5.6.4 Použitý software

Statistické modely, výpočty a grafy byly vytvořeny ve statistickém programu Past 3.0 (Hammer, 2013). K tvorbě tabulek a schémat byl využit tabulkový editor Microsoft Office Excel 2007.

6 VÝSLEDKY

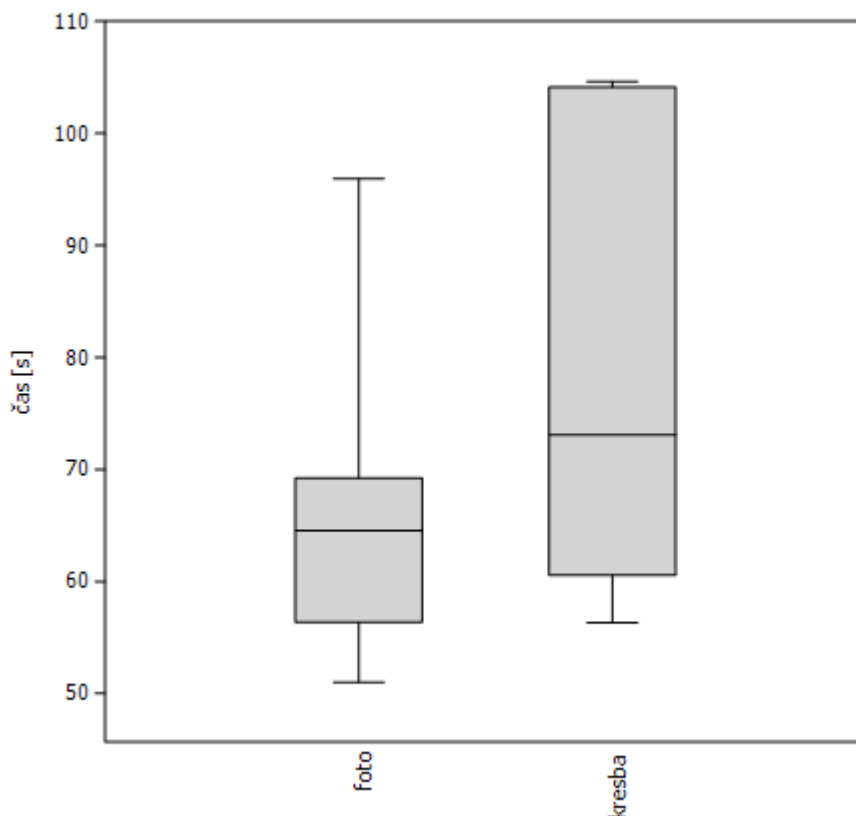
6.1 H1 – srovnání časové efektivity dokumentace prostřednictvím kresebné a fotografické metodiky

První hypotéza předpokládá, že dokumentace artefaktu a specifického bodu či bodů na jeho povrchu bude časově úspornější prostřednictvím nové, fotografické metody, oproti metodě kresebné.

Čas potřebný k zaznamenání specifického bodu, v našem případě traseologické stopy, na zkoumaném artefaktu jsme měřili na 9 vzorcích. Přehled naměřených časů s přesností na setinu vteřiny je uvedený v tabulce 5 a znázorněný v grafu 4.

Tabulka 5. Přehled časů potřebných k zaznamenání artefaktu a hledaného bodu prostřednictvím fotografické a kresebné metody.

číslo vzorku	čas fotografování [s]	čas zakreslení [s]
50	51,02	56,33
51	64,75	104,13
52	61,86	70,43
53	64,53	73,09
54	95,94	80,50
59	56,36	84,49
60	64,10	104,63
61	67,98	61,49
63	69,24	60,55



Graf 4. Srovnání časů potřebných k zaznamenání artefaktu a hledaného bodu za použití fotografické a kresebné metody. Čas měření je uveden ve vteřinách.

Na základě kritéria $r = 6$ a $p = 0,508$ nulovou hypotézu nezamítáme. Rozdíl mezi časem potřebným k zakreslení a vyfotografování vzorku není statisticky signifikantní. Zde je však nutno poukázat na malou velikost souboru, která mohla mít vliv na celkový výsledek. Jak je vidět v tabulce 6, průměr i medián jsou nižší u fotografické metody dokumentace; při novém měření s větším souborem se tento rozdíl může ukázat jako statisticky významný.

Tabulka 6. Statistické srovnání času potřebného k zaznamenání artefaktu a hledaného bodu za použití fotografické a kresebné metody.

metoda dokumentace	N	průměr	medián	r	p
fotografická	9	66,198	64,530	6	0,508
kresebná	9	77,293	73,090		

6.2 H2 – srovnání časové efektivity lokalizace bodu prostřednictvím kresebné a fotografické metodiky

Druhá hypotéza předpokládá, že lokalizace již zaznamenaného specifického bodu bude časově úspornější prostřednictvím nové, fotografické metody, než za použití kresebné metody.

Čas potřebný k opětovnému nalezení specifického bodu jsme měřili u čtyř respondentů s přesností na setinu vteřiny. Každému respondentu bylo náhodně přiřazeno pořadové číslo 1 – 4, pod kterým jsou uváděni v následujících podkapitolách. Vedle výsledků jednotlivých respondentů uvádíme v podkapitole 6.2.5 souhrnný výsledek, ve kterém byly pro srovnání časové efektivity kresebné a fotografické metody použity všechny naměřené časy.

6.2.1 Respondent 1

Časy, které respondent 1 potřeboval k nalezení specifických bodů podle obou dokumentačních metod, jsou uvedeny v tabulce 7 a znázorněny v grafu 5.

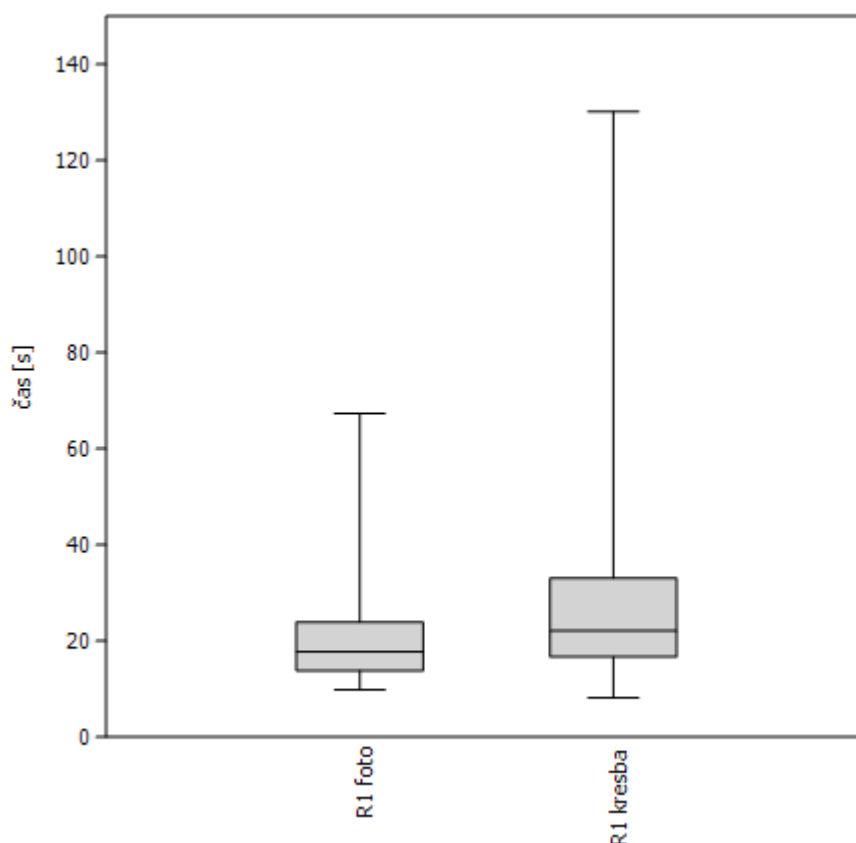
Tabulka 7. Přehled časů potřebných k nalezení specifického bodu za použití fotografické a kresebné metody dokumentace u respondenta 1.

číslo vzorku	R1 foto [s]	R1 kresba [s]
01	11,75	39,13
02	22,11	23,31
03	23,18	46,31
04	57,66	83,82
05	26,08	25,65
06	18,62	33,06
07	67,35	51,87
08	16,30	19,16
09	15,49	24,62
10	12,12	15,12
11	11,62	18,48
12	24,88	19,28
13	13,59	25,94
14	16,79	15,63
15	18,61	22,70
16	19,23	25,69
17	65,72	60,11
18	17,81	14,04

číslo vzorku	R1 foto [s]	R1 kresba [s]
19	12,77	13,30
20	21,29	16,54
21	14,07	8,21
22	63,54	35,92
23	33,55	30,01
24	65,84	45,12
25	23,25	17,74
26	14,29	25,99
27	14,78	33,31
28	20,23	20,87
29	19,54	34,08
30	18,57	11,83
31	16,44	23,02
32	20,73	42,34
33	20,46	27,19
34	13,97	22,76
35	14,32	16,62
36	36,75	15,47
37	14,79	14,49
38	22,95	19,15
39	17,70	18,79
40	23,69	11,27
41	9,84	17,78
42	15,20	23,19
43	29,74	31,66
44	10,87	12,37
45	27,72	38,29
46	11,83	22,00
47	13,63	17,25
48	14,31	61,80
49	23,91	18,47
50	15,75	79,72
51	16,79	16,16
52	13,70	21,18
53	11,14	23,42
54	20,03	23,62
55	12,17	16,67
56	28,28	19,86
57	11,57	22,09
58	35,28	22,05
59	25,46	130,14
60	13,83	12,27
61	10,40	17,35

číslo vzorku	R1 foto [s]	R1 kresba [s]
62	10,69	15,72
63	21,33	26,93
64	26,69	41,54

R1 = respondent 1



Graf 5. Srovnání časů potřebných k nalezení specifického bodu za použití fotografické a kresebné metody dokumentace u respondenta 1. Čas měření je uveden ve vteřinách.

Nulová hypotéza předpokládá, že rozdíl mezi časy potřebnými k nalezení specifických bodů za pomoci nové či kresebné metody dokumentace není statisticky signifikantní. Testové kritérium $r = 42$ a hodnota $p = 0,017$ (viz tabulku 8) ukazují statisticky významný rozdíl mezi časovou efektivitou poměřovaných metod u respondenta 1. Nulovou hypotézu tedy zamítáme. Fotografická dokumentace je statisticky významně časově efektivnější než dokumentace kresebná; to je v souladu s první výzkumnou hypotézou.

Tabulka 8. Statistické srovnání času potřebného k nalezení specifického bodu za použití fotografické a kresebné metody dokumentace u respondenta 1.

metoda dokumentace	N	průměr	medián	r	p
fotografická	64	22,072	18,190	42	0,017
kresebná	64	28,117	22,395		

6.2.2 Respondent 2

Přehled časů naměřených u respondenta 2 je uveden v tabulce 9 a znázorněn grafem

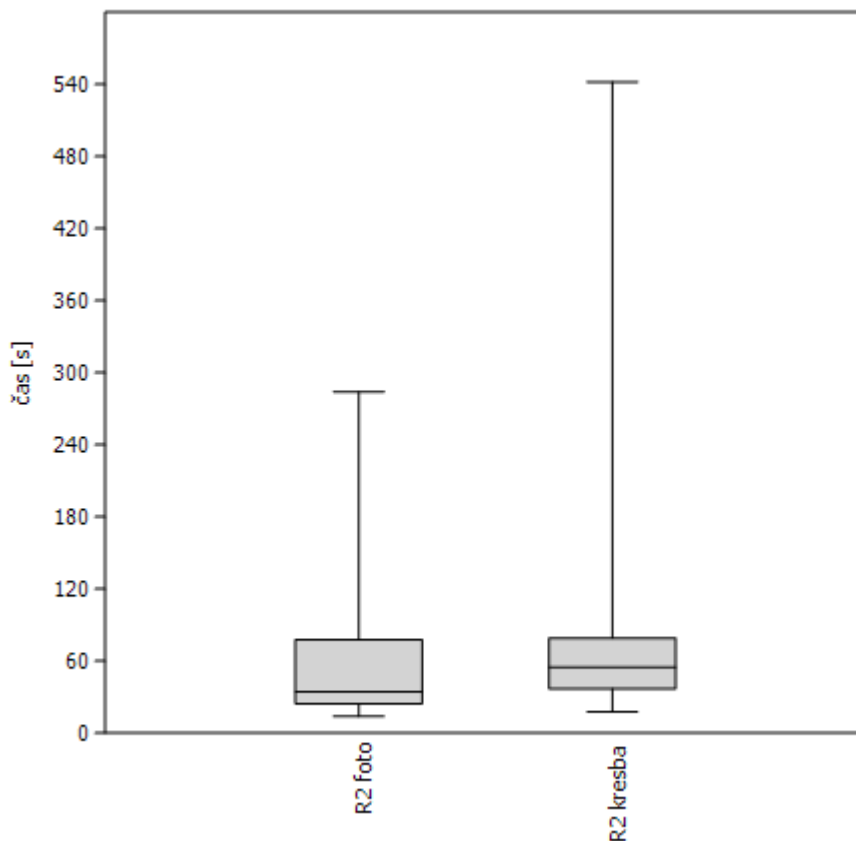
6.

číslo vzorku	R2 foto [s]	R2 kresba [s]
01	68,16	113,06
02	79,21	37,43
03	77,85	17,86
04	29,78	37,01
05	28,54	69,60
06	139,95	283,88
07	22,76	94,59
08	28,85	71,63
09	60,05	151,25
10	22,35	64,92
11	31,17	36,58
12	29,12	20,26
13	169,25	68,16
14	51,80	34,69
15	24,93	340,00
16	18,31	48,41
17	243,53	94,79
18	26,35	64,25
19	64,91	87,92
20	170,48	64,72
21	136,24	68,97
22	132,81	54,94
23	33,95	58,64
24	79,51	46,66
25	59,50	448,50
26	40,23	60,32
27	23,93	109,77
28	31,28	46,81
29	28,01	25,22

číslo vzorku	R2 foto [s]	R2 kresba [s]
30	13,83	33,42
31	70,69	542,03
32	18,32	181,57
33	18,78	73,11
34	48,72	51,72
35	36,91	41,54
36	32,62	38,96
37	18,71	58,95
38	49,86	187,41
39	53,58	28,90
40	71,24	54,07
41	14,46	21,41
42	16,40	71,58
43	143,24	144,15
44	19,35	23,92
45	37,94	17,60
46	284,06	46,77
47	19,50	19,12
48	116,61	51,41
49	30,18	52,14
50	26,15	65,39
51	39,73	26,15
52	22,26	28,61
53	24,52	39,06
54	30,27	108,35
55	72,00	43,47
56	28,61	33,05
57	34,52	272,11
58	22,49	44,75
59	128,50	28,32
60	185,67	79,12
61	20,08	65,50
62	49,00	56,38
63	79,92	59,06
64	96,81	39,50

R2 = respondent 2

Tabulka 9. Přehled časů potřebných k nalezení specifického bodu za použití fotografické a kresebné metody dokumentace u respondenta 2.



Graf 6. Srovnání časů potřebných k nalezení specifického bodu za použití fotografické a kresebné metody dokumentace u respondenta 2. Čas měření je uveden ve vteřinách.

U respondenta 2 také vychází časový rozdíl mezi fotografickou a kresebnou dokumentací jako statisticky signifikantní ($r = 41$; $p = 0,033$, viz tabulku 10), a proto nulovou hypotézu opět zamítáme. Mezi časovou efektivitou srovnávaných dokumentačních metod existuje statisticky významný rozdíl.

Tabulka 10. Statistické srovnání času potřebného k nalezení specifického bodu za použití fotografické a kresebné metody dokumentace u respondenta 2.

metoda dokumentace	N	průměr	medián	r	p
fotografická	64	61,380	35,715	41	0,033
kresebná	64	85,148	55,660		

6.2.3 Respondent 3

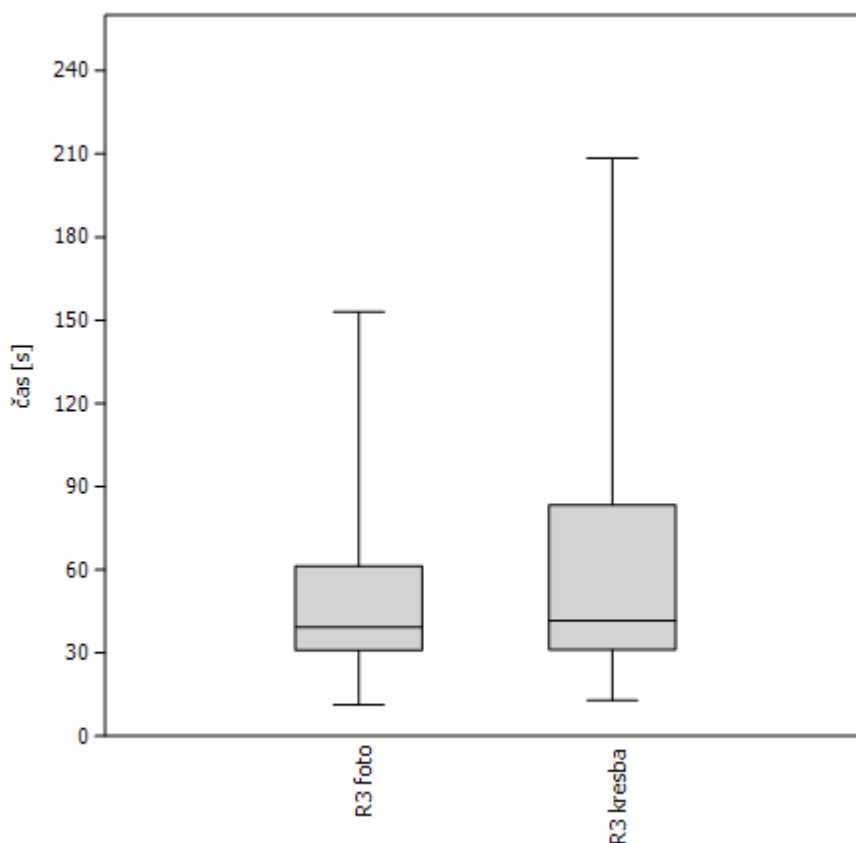
V tabulce 11 nalezneme přehled časů potřebných pro lokalizaci specifických bodů u respondenta 3. Tyto časy jsou dále vyjádřeny grafem 7.

Tabulka 11. Přehled časů potřebných k nalezení specifického bodu za použití fotografické a kresebné metody dokumentace u respondenta 3.

číslo vzorku	R3 foto	R3 kresba
01	103,16	52,27
02	33,06	40,46
03	50,81	35,59
04	62,87	141,71
05	33,34	31,85
06	36,50	34,93
07	32,57	208,42
08	30,15	121,95
09	99,09	29,14
10	28,11	79,47
11	27,67	56,21
12	53,52	37,49
13	41,47	30,62
14	72,93	26,57
15	30,18	84,94
16	71,53	27,39
17	62,03	38,31
18	51,28	44,99
19	93,51	129,71
20	123,60	61,00
21	105,28	23,12
22	40,54	104,37
23	112,08	60,47
24	153,00	57,98
25	35,69	42,93
26	32,46	41,35
27	48,89	55,41
28	48,73	40,20
29	40,32	53,29
30	75,74	38,68
31	58,67	145,24
32	97,24	86,35
33	41,97	83,41
34	38,85	25,23

číslo vzorku	R3 foto	R3 kresba
35	35,18	28,38
36	39,35	22,21
37	35,77	40,00
38	40,39	19,09
39	44,76	79,74
40	84,25	34,59
41	21,29	25,80
42	24,57	84,25
43	36,53	30,47
44	11,30	12,84
45	34,65	52,07
46	26,49	36,15
47	61,38	101,76
48	36,75	85,91
49	34,47	35,19
50	43,66	93,20
51	29,79	36,59
52	22,15	31,25
53	31,57	47,79
54	27,85	31,18
55	44,39	149,43
56	27,93	29,50
57	30,00	67,53
58	30,88	28,60
59	93,68	148,93
60	32,52	43,99
61	27,56	41,57
62	26,89	16,62
63	47,06	85,05
64	49,84	78,67

R3 = respondent 3



Graf 7. Srovnání časů potřebných k nalezení specifického bodu za použití fotografické a kresebné metody dokumentace u respondenta 3. Čas měření je uveden ve vteřinách.

U tohoto respondenta nulovou hypotézu o nerozdílnosti času potřebného k nalezení specifického bodu podle kresebné a fotografické dokumentace nezamítáme ($r = 38$; $p = 0,169$). Jak je patrné z tabulky 12, průměr i medián naměřených časů je u nové, fotografické metody dokumentace nižší než u metody kresebné. Tento rozdíl však není statisticky významný, nemáme tedy důvod nulovou hypotézu zamítnout, což je v rozporu s první výzkumnou hypotézou.

Tabulka 12. Statistické srovnání času potřebného k nalezení specifického bodu za použití fotografické a kresebné metody dokumentace u respondenta 3.

metoda dokumentace	N	průměr	medián	r	p
fotografická	64	49,996	39,835	38	0,169
kresebná	64	59,209	42,250		

6.2.4 Respondent 4

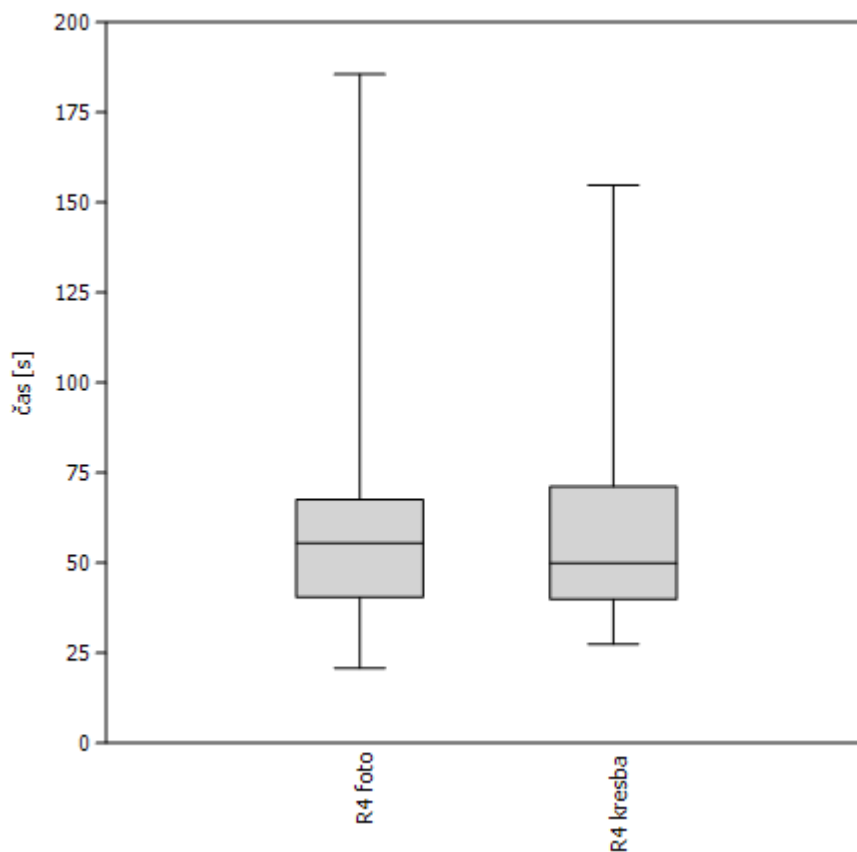
Časy lokalizace jednotlivých bodů, které jsme naměřili respondentu 4, jsou uvedeny v tabulce 13 a srovnány v grafu 8.

Tabulka 13. Přehled časů potřebných k nalezení specifického bodu za použití fotografické a kresebné metody dokumentace u respondenta 4.

číslo vzorku	R4 foto	R4 kresba
01	62,13	72,50
02	91,96	70,11
03	60,86	60,18
04	117,35	83,64
05	65,94	49,02
06	64,99	75,07
07	43,94	38,21
08	42,29	70,49
09	59,65	70,69
10	60,80	38,12
11	34,64	64,07
12	46,55	76,71
13	59,71	31,46
14	67,31	96,82
15	105,53	30,90
16	51,49	49,93
17	96,27	154,83
18	67,63	45,54
19	57,58	50,41
20	38,71	41,66
21	42,30	27,44
22	185,56	94,25
23	44,85	47,61
24	87,40	56,65
25	129,60	115,29
26	43,72	33,81
27	57,96	84,55
28	80,89	40,55
29	41,38	47,33
30	33,59	41,91
31	31,34	39,63
32	80,81	52,09
33	31,12	41,55
34	32,42	34,96

číslo vzorku	R4 foto	R4 kresba
35	40,96	38,18
36	40,98	31,15
37	20,80	78,00
38	81,51	56,51
39	73,74	46,03
40	42,05	30,35
41	55,80	49,13
42	40,45	39,92
43	24,24	56,17
44	32,13	35,92
45	21,04	69,58
46	23,30	42,72
47	79,83	54,27
48	66,87	39,05
49	41,07	65,26
50	46,27	72,57
51	25,39	136,46
52	26,53	50,49
53	55,54	65,21
54	36,25	44,91
55	62,97	44,70
56	63,85	36,26
57	50,00	90,78
58	85,73	48,93
59	165,19	126,28
60	103,03	126,90
61	66,65	64,31
62	49,30	42,71
63	31,75	71,20
64	64,96	34,86

R4 = respondent 4



Graf 8. Srovnání časů potřebných k nalezení specifického bodu za použití fotografické a kresebné metody dokumentace u respondenta 4. Čas měření je uveden ve vteřinách.

Na základě analýzy uvedených výsledků opět nezamítáme nulovou hypotézu ($r = 34$; $p = 0,708$). Od předchozího respondenta se ovšem respondent 4 liší v tom, že hledání konkrétních bodů za pomoci kresby zde vychází časově úsporněji než při použití fotografie (viz tabulku 14).

Tabulka 14. Statistické srovnání času potřebného k nalezení specifického bodu za použití fotografické a kresebné metody dokumentace u respondenta 4.

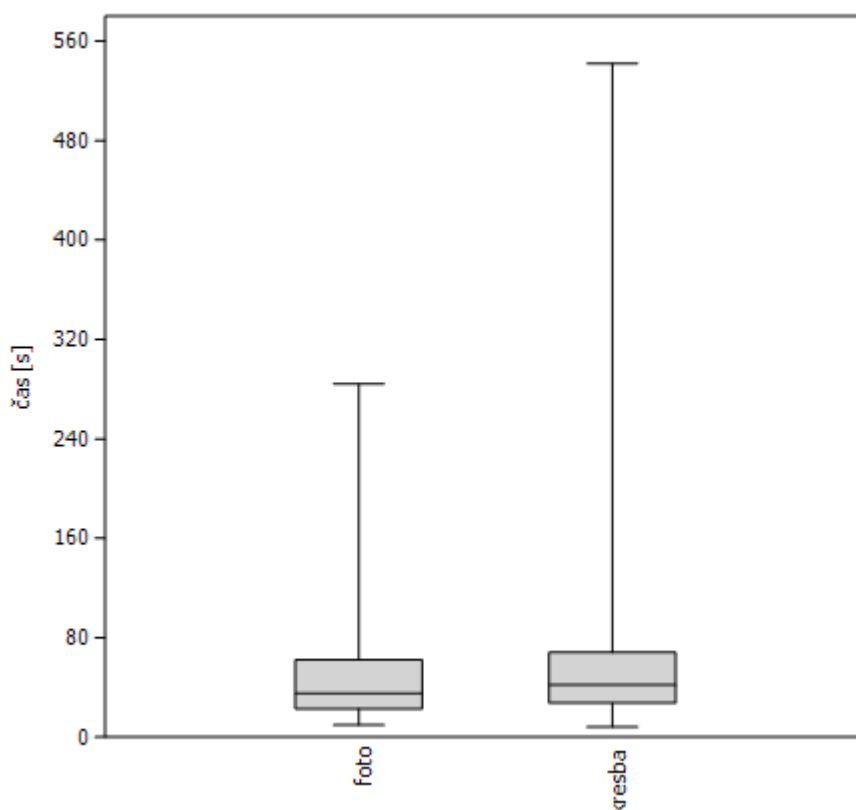
metoda dokumentace	N	průměr	medián	r	p
fotografická	64	59,945	55,670	34	0,708
kresebná	64	59,637	50,170		

6.2.5 Souhrnné výsledky

Pokud vezmeme všechny naměřené časy z tabulek 7, 9, 11 a 13 a porovnáme je jako celek, uvidíme, že mezi metodami panuje statisticky signifikantní rozdíl ($r = 151$; $p = 0,005$). Výsledky statistické analýzy jsou uvedeny v tabulce 15 a vyjádřeny grafem 9. Na základě tohoto výsledku zamítáme nulovou hypotézu a potvrzujeme první výzkumnou hypotézu, že čas potřebný k nalezení specifického bodu za pomoci nové metody dokumentace je statisticky významně nižší než za použití kresebné metody dokumentace.

Tabulka 15. Statistické srovnání všech naměřených časů potřebných k nalezení specifického bodu za použití fotografické a kresebné metody dokumentace.

metoda dokumentace	N	průměr	medián	r	p
fotografická	256	48,348	35,485	151	0,005
kresebná	256	58,028	42,125		



Graf 9. Souhrnné srovnání všech naměřených časů potřebných k nalezení specifického bodu za použití fotografické a kresebné metody dokumentace. Čas měření je uveden ve vteřinách.

6.3 H3 – vliv velikosti plochy vzorku na čas potřebný k nalezení specifického bodu

Druhá výzkumná hypotéza předpokládá, že velikost plochy, na které se hledaný bod nachází, nemá statisticky signifikantní vliv na to, kolik času bude pro lokalizaci tohoto bodu potřeba. Tento vliv neočekáváme ani u kresebné, ani u fotografické metody dokumentace artefaktu. Během výzkumu jsme pracovali pouze s artefakty, které měly stanovené maximální rozměry. Testování této výzkumné hypotézy nám může naznačit, jak bude použití nově vyvinuté metodiky dokumentace aplikovatelné na artefakty větších rozměrů, a zda se bude tato aplikovatelnost lišit u obou porovnávaných metod. Vzhledem k tomu, že mezi metodami neočekáváme významný rozdíl, druhou výzkumnou hypotézu jsme formulovali neutrálně.

Plocha artefaktu byla zaznamenána v mm^2 s přesností na dvě desetinná čísla za pomoci softwaru NIS-Elements. Pro každý vzorek je velikost plochy uvedena v tabulkách 1 a 2. Hodnoty časů potřebných k lokalizaci bodu, se kterými jsme při testování druhé hypotézy pracovali, byly kalkulovány jako aritmetický průměr hodnot získaných z měření všech čtyř respondentů (viz tabulky 7, 9, 11 a 13). Čas byl měřený ve vteřinách s přesností na dvě desetinná místa.

U obou metod dokumentace jsme získali záporný korelační koeficient ($r_s = -0,098$ pro fotografickou metodu a $r^2 = -0,155$ pro kresebnou metodu dokumentace), což naznačuje, že s nárůstem plochy klesá čas potřebný k nalezení hledaného bodu. Vztah však není statisticky signifikantní ani pro jednu z dokumentačních metod (viz tabulku 16). To je v souladu s druhou výzkumnou hypotézou, podle které jsme významnou korelaci velikosti plochy a času potřebného k lokalizaci bodu neočekávali.

Tabulka 16. Statistická analýza vztahu mezi plochou artefaktu a průměrným časem potřebným k nalezení specifického bodu podle fotografické a kresebné metody dokumentace.

metoda dokumentace	N	r_s	kritická hodnota
fotografická	64	-0,098	0,207
kresebná	64	-0,155	0,207

r_s = Spearmanův korelační koeficient
kritická hodnota podle Zar (2010)

6.4 H4 – vliv materiálu vzorku na čas potřebný k nalezení specifického bodu

Na časovou náročnost lokalizace určitého bodu mohou mít vliv také vlastnosti samotného artefaktu, např. povrchová struktura, světelná propustnost a další. Komplikovaný reliéf či odlesky mohou ztížit pozorování traseologických stop bez ohledu na použitou metodiku. Tento aspekt jsme zohlednili čtvrtou výzkumnou hypotézou, kterou jsme formulovali stejně jako H3 neutrálně. Očekáváme, že použitý materiál – tedy kámen a kost – nebude mít významný vliv na časovou náročnost lokalizace specifického bodu prostřednictvím fotografické i kresebné metody. Předpokládáme tedy, že obě metodiky, kresebná i fotografická, budou srovnatelně časově efektivní u obou použitých materiálů.

Čtvrtou výzkumnou hypotézu jsme testovali prostřednictvím analýzy kovariance (ANCOVA). Tato statistická metoda pracuje s několika třídami proměnných, které jsme blíže popsali v oddíle Statistické metody. Metoda dokumentace artefaktu je zde nezávislá proměnná (vysvětlující, faktor) a má dvě úrovně – fotografickou a kresebnou. Čas potřebný k opětovné lokalizaci specifického bodu prostřednictvím obou metod je proměnná závislá (vysvětlovaná). Tyto časy pocházejí z měření od všech čtyř dobrovolníků a jsou uvedeny v tabulkách 7, 9, 11 a 13. Poslední nezbytnou proměnnou je kovariát, jehož vliv na závislou proměnnou chceme prostřednictvím analýzy odstranit. V našem případě je to materiál, ze kterého jsou vzorky vyrobeny (viz tabulky 1 a 2). Pro materiály jsme zvolili zástupné proměnné ve formátu čísel: kámen je kódován jako 1, kost jako 2.

Analýza kovariance má celou řadu předpokladů, jejichž splnění si ověříme nejdříve. Předpoklad normálního rozdělení výběrových průměrů je díky centrální limitní větě splněn i u dat s nenormálním rozdělením, má-li testovaný soubor dostatečně velký počet stupňů volnosti (df). Minimální počet df pro splnění předpokladu o normálním rozdělení je 20; pro soubor, se kterým pracujeme při testování H4 platí $df_{error} = 509$. Rozdělení výběrových průměrů tedy můžeme v souladu s předpokladem testu považovat za normální. Druhý předpoklad, týkající se homogenity rozptylů jsme ověřili a potvrdili prostřednictvím Levenova testu homogenity ($p = 0,099$). Dále je třeba zohlednit spolehlivost kovariátů; ta může být problematická v případě, že je proměnná spojitého typu, kdy se chybě při měření lze vyhnout jen obtížně. V našem případě však kovariát nabývá pouze hodnot 1 a 2 (kámen a kost), a není tak závislý na přesnosti měření.

Spolehlivost kovariátu je tedy dodržena. Jeho binomický charakter je rovněž odpovědí na předpoklad o linearitě vztahu kovariátu a nezávislé proměnné. Proměnné, které nabývají pouze dvou možných hodnot, mají s ostatními proměnnými vždy lineární vztah; to je i náš případ. Posledním, pátým předpokladem pro úspěšné vykonání analýzy kovariance je homogenita regresních koeficientů, graficky vyjádřená jako shodný sklon regresních přímk. Tento předpoklad jsme testovali prostřednictvím F testu, který jej potvrdil ($F = 0,177$; $p = 0,675$).

Výsledky analýzy kovariance jsou zobrazeny v tabulce 17 a vyjádřeny grafem 10. F test ukázal, že průměry závislých proměnných, které jsme upravili odstraněním vlivu kovariátu, jsou statisticky významně odlišné ($F = 4,914$; $p = 0,027$). Rozdíl upravených průměrů časů potřebných k lokalizaci hledaného bodu prostřednictvím fotografické a kresebné metody tedy není pouhým dílem náhody. Tím zamítáme nulovou hypotézu pro analýzu kovariance, která předpokládá, že upravené průměry mezi skupinami definovanými úrovněmi faktorů (v tomto případě použité metodiky), se mezi sebou signifikantně neliší.

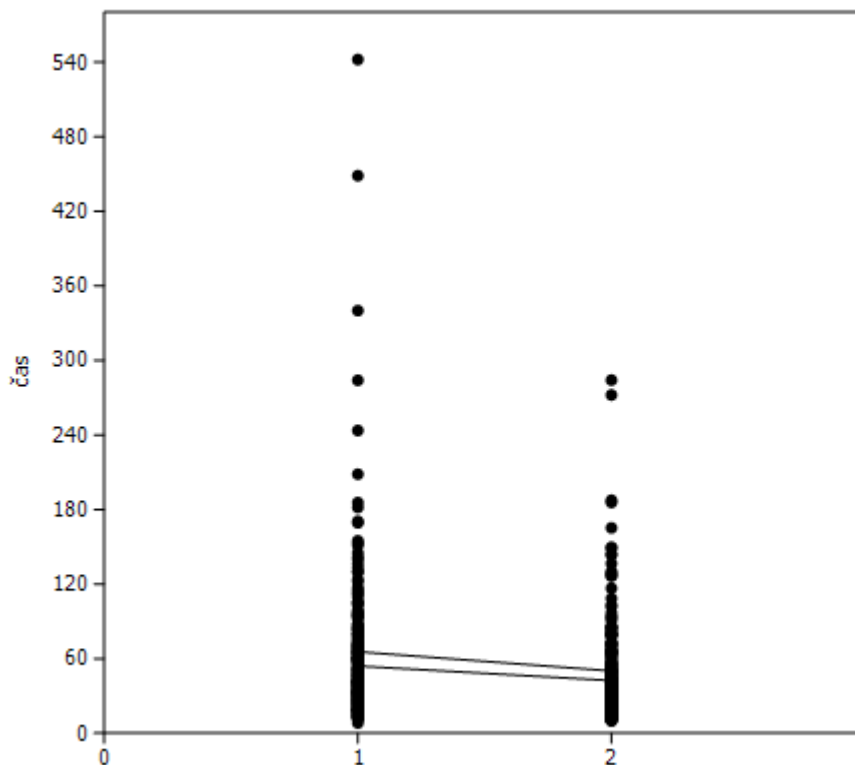
Tabulka 17. Výsledky analýzy kovariance času potřebného k lokalizaci hledaného bodu a materiálu.

zdroj variability	SČ	df	ČP	F	p
upravený průměr	11993	1	11993	4,914	0,027
upravená rezidua	1242340	509	2441		
celkem	1254333	510			

SČ = suma čtverců rozdílů upravených s ohledem na vliv kovariátu

df = stupně volnosti

ČP = čtverec průměrů upravených s ohledem na vliv kovariátu



Graf 10. Grafické znázornění analýzy kovariance času potřebného k lokalizaci hledaného bodu a materiálu. 1 = kámen, 2 = kost.

V tabulce 18 srovnáváme průměry časů potřebných k lokalizaci specifického bodu předtím a poté, co jsme odstranili vliv materiálu prostřednictvím analýzy kovariance. Uvedené p-hodnoty vypovídají o statistické signifikanci tohoto rozdílu; p-hodnota pro neupravený průměr ($p = 0,005$) je výsledkem znaménkového testu, p-hodnotu pro upravený průměr ($p = 0,027$) jsme vypočítali pomocí F testu. Upravené i neupravené průměry jsou u obou dokumentačních metod shodné. To vypovídá o tom, že materiál, ze kterého je vzorek vyroben, nemá na čas potřebný k nalezení specifického bodu významný vliv. Přestože p-hodnoty pochází z odlišných testů, obě jsou pod hranicí významnosti ($\alpha = 0,05$). Rozdíl mezi časy lokalizace hledaných bodů prostřednictvím fotografické a kresebné metody je tedy statisticky významný před i po odstranění vlivu materiálu. Fotografická metodika vykazuje v obou testech (znaménkovém i analýze kovariance) signifikantně menší časovou náročnost.

Tabulka18. Srovnání neupravených a upravených průměrů času potřebných k lokalizaci specifického bodu prostřednictvím obou metod.

metoda dokumentace	N	průměr	p	průměr'	p
fotografická	256	48,348	0,005	48,348	0,027
kresebná	256	58,028		58,028	

průměr = průměrný čas před odstraněním vlivu materiálu
průměr' = průměrný čas po odstranění vlivu materiálu

6.5 Shrnutí výsledků

První hypotéza očekává, že čas potřebný k dokumentaci artefaktu a specifického bodu bude významně kratší, použijeme-li fotografickou metodu, než prostřednictvím metody kresebné. Tento předpoklad testování hypotézy nepotvrdilo; čas potřebný k dokumentaci (tzn. zakreslení nebo vyfotografování) mezi metodikami nevykazuje statisticky signifikantní rozdíl.

Při testování druhé hypotézy se ukázalo, že mezi jednotlivými respondenty panují rozdíly v časové efektivitě použitých metod. Zatímco u respondentů 1 a 2 jsme zjistili statisticky významný rozdíl v časové úspornosti fotografické metody oproti metodě kresebné, u respondentů 3 a 4 rozdíl signifikantní nebyl. Odhlédneme-li od kritéria statistické signifikance, u respondenta 3 vycházela při srovnání průměru a mediánu nová metoda dokumentace časově efektivněji než metoda kresebná. U respondenta 4 se z tohoto hlediska naopak jeví jako efektivnější kresebný způsob dokumentace artefaktů. Pokud srovnáme všechny naměřené údaje, nová, fotografická metoda se ukázala jako statisticky významně časově efektivnější než metoda kresebná.

Dále jsme se na základě třetí hypotézy zabývali vztahem mezi velikostí plochy artefaktu a časem potřebným k lokalizaci hledaného bodu. Tento vztah se u obou metod dokumentace ukázal být nepřímo úměrným a statisticky nevýznamným.

Čtvrtá výzkumná hypotéza popisuje očekávaný vztah materiálu, ze kterého jsou vzorky vyrobeny, a času, který zabere opětovná lokalizace již zaznamenaného bodu zájmu na těchto vzorcích. Pomocí analýzy kovariance jsme vliv materiálu na čas lokalizace bodu prostřednictvím obou metodik odstranili, a následně jsme srovnávali, zda se průměrné časy liší před touto úpravou a po ní. Rozdíl jsme nenašli, v obou případech je fotografická

metodika statisticky významně časově úspornější než metodika kresebná, a materiál vzorku nemá signifikantní vliv na čas nalezení hledaného bodu.

7 DISKUSE

V předchozí kapitole jsme uvedli výsledky empirického výzkumu prováděného za účelem testování nově vyvinuté metodiky dokumentace artefaktů pro traseologickou analýzu. Tyto výsledky lze interpretovat z několika hledisek.

Především se zaměříme na srovnání časové efektivity nové metodiky a metody kresebné dokumentace. První výzkumná hypotéza předpokládá, že dokumentace artefaktu i hledaného bodu bude časově méně náročná prostřednictvím nové, fotografické metody, oproti metodě kresebné. Toto očekávání se však nepotvrdilo: časový rozdíl mezi metodami není statisticky signifikantní a hypotézu zamítáme. Zvažíme proto nejen samotné výsledky, ale také možnosti zrychlení dokumentačního procesu fotografické metody.

Druhá výzkumná hypotéza se rovněž zabývá srovnáním časové efektivity obou metod, tentokrát s ohledem na čas potřebný k opětovné lokalizaci již zaznamenaného bodu. Předpokládáme, že v souladu s vytyčenými cíli práce bude fotografická metoda časově úspornější ve srovnání s metodou kresebnou. Přestože se výsledky mezi jednotlivými respondenty významně lišily, při srovnání všech dat vychází nový, fotografický způsob dokumentace časově úsporněji při lokalizaci již zaznamenaných bodů. Analýze podrobíme možné příčiny rozdílů mezi respondenty i celkovou efektivitu metody podle statistických testů.

Dále budeme v souladu s třetí hypotézou diskutovat vliv velikosti plochy artefaktu na čas potřebný k lokalizaci specifického bodu. Během výzkumu jsme pracovali s artefakty s omezenou maximální velikostí i morfologií. Výsledky korelační analýzy naznačují, že i při vzrůstající velikosti artefaktu bude nová metodika dokumentace použitelná, protože velikost plochy nemá na čas nalezení hledaného bodu významný vliv.

Čtvrtá výzkumná hypotéza předpokládá, že materiál vzorku nemá významný vliv na čas, který je potřebný k lokalizaci specifického bodu. Tento předpoklad jsme testovali prostřednictvím analýzy kovariance, která je schopná odstranit vliv kovariátu (materiálu) na závislou proměnnou, tedy čas. Průměry časů se ani po úpravě s ohledem na materiál nezměnily, a při použití všech naměřených hodnot jsme opět zjistili statisticky signifikantní rozdíl mezi fotografickou a kresebnou metodikou.

Diskutovat budeme také možnosti praktického využití vyvinuté fotografické metody dokumentace i další směřování úprav, které by potenciál metodiky ještě rozšířily.

7.1 Časová efektivita nové metodiky

Časovou náročnost nově vyvinuté metody dokumentace založené na fotografii přímo z mikroskopu jsme porovnávali s široce využívanou metodou zakreslení. Nová metoda měla splňovat kritérium časové efektivity jak během procesu dokumentace artefaktů a specifických bodů, tak při hledání těchto zaznamenaných bodů během experimentální části výzkumu.

7.1.1 Časová efektivita dokumentace artefaktu

Jak vyplynulo ze statistické analýzy, předpoklad o menší časové náročnosti fotografické metody z hlediska času dokumentace se nepotvrdil. Silná p -hodnota ($p = 0,508$) vypovídá o tom, že mezi výběry není statisticky signifikantní rozdíl. Je tedy nutné zvážit možné příčiny tohoto výsledku. Limitujícím faktorem nepochybně je malá velikost souboru, na kterém jsme čas dokumentace měřili (u fotografické i kresebné metody $N = 9$). Průměr i medián naměřených časů však byly nižší u nově vyvíjeného a testovaného fotografického způsobu dokumentace artefaktu, je proto možné, že při větším počtu měření bychom získali jiný výsledek.

Dalším možným vysvětlením je to, že jsme nezvolili časově nejúspornější způsob dokumentace – ať kresebné, nebo fotografické. V případě kresby jsme se čas potřebný k zaznamenání artefaktu snažili minimalizovat tím, že jsme zvolili jednoduchý a schematický způsob zakreslení. Všechny artefakty byly jednotně orientovány podle svislé osy, hledaný bod byl vyznačen třemi tečkami uspořádanými do trojúhelníku a záměrně jsme vynechali všechny informace o směru, intenzitě či technice opracování i dalších možných bodech zájmu. Vedle optimalizace časové dotace potřebné pro zakreslení jsme se tak snažili minimalizovat vliv individuálního stylu autorky, která pořizovala všechny kresby. Stejně kresby používali k analýze i ostatní respondenti, cílem ovšem bylo maximalizovat míru intersubjektivitu, kterou lze při pořizování dokumentace dosáhnout. Snažili jsme se proto pořídit takovou kresbu, která ponese potřebné informace, ovšem nezatíží výsledek individualitou toho, kdo dokumentaci pořizoval. Snížit čas potřebný k zakreslení zkoumaných artefaktů by tak za těchto podmínek bylo možné zřejmě pouze

v případě, že je autor zkušeným kreslířem a na pořízení dokumentace by mu díky osobní zkušenosti stačila kratší doba. To je nepochybně případ mnoha odborníků na traseologii (např. van Gijn, osobní komunikace), ovšem pro studenty a začínající badatele, pro něž především se snažíme nový způsob dokumentace vyvinout, je tento předpoklad nevhodný. I v případě, že by se snad jednalo o adepta s uměleckými vlohami, kresebná dokumentace archeologických a antropologických artefaktů vyžaduje jiné postupy, než klasická kresba. Pro kresebnou dokumentaci tedy můžeme zvolenou metodiku zaznamenání artefaktu považovat za vhodně zvolenou.

Také u fotografické dokumentace jsme se snažili minimalizovat potřebný čas i individuální preference či styl autorky, která snímky pořizovala. Artefakty byly během analýzy položeny na kulovitém stolečku a fotografie zobrazují každý z nich v takovém náklonu, který co nejlépe umožňuje rozeznat hledanou stopu. Směr tohoto náklonu jsme vyjadřovali pomocí tzv. hodin. Kruhový světelný zdroj zajišťoval stejnoměrný přísun světla, a tím srovnatelné světelné podmínky během všech fází empirického výzkumu. Čas potřebný k dokumentaci artefaktu za těchto podmínek je do značné míry dán počtem kroků, které jsou nutné pro pořízení snímku a vložení standardizované překryvové mřížky. Záleží také na zručnosti uživatele, jak rychle je schopný jednotlivé kroky provádět, osvojit si správný postup je však možné již po několika málo pokusech. Je tu však jiný faktor, který může čas potřebný k provedení těchto kroků významně zkrátit, a tím je využití makra. Makro je všeobecný název pro funkci, která automaticky provede předem definovanou sérii úkonů. Ačkoli v některých softwarech se může tato funkce vyskytovat pod jinými jmény, v námi použitém NIS-Elements se nazývá Makro. Hlavní potenciál pro testovanou fotografickou metodiku dokumentace spočívá právě v optimalizaci času potřebného k dokumentaci artefaktu. Správně nastavená sekvence příkazů může tento čas posunout z řádu desítek do jednotek vteřin. Možným problémem může být samotný proces nastavení této sekvence, zejména u badatelů, kteří nemají zkušenosti s programovacími jazyky; NIS-Elements využívá vlastního programovacího jazyka založeného na jazyku C. Čas potřebný k porozumění principů a naprogramování série příkazů tedy mohl mít na proces dokumentace naopak negativní vliv. Tvorba maker za pomoci programovacího jazyka je však v NIS-Elements zamýšlena spíše doplňkově pro zkušené uživatele. Primární a nejjednodušší způsob, jak makro vytvořit, je jeho nahrání prostým provedením požadované sekvence úkonů. Následně lze sérii příkazů uložit

k pozdějšímu použití na dalších objektech. Čas potřebný k tvorbě makra tak není o mnoho delší než samotná dokumentace konkrétního artefaktu; naopak čas potřebný k dokumentaci každého dalšího artefaktu za pomoci tohoto nástroje je několikanásobně kratší a prakticky konstantní.

Vzhledem k uvedeným důvodům by bylo vhodné provést další srovnávací měření času potřebného k dokumentaci artefaktu za pomoci kresebné a fotografické metody. Toto nové měření by mělo pracovat s větším souborem a otestovat také možnost zapojení makra do dokumentačního procesu fotografické metody. Pak by mezi dokumentačními metodami mohl být patrný statisticky významný rozdíl. V tuto chvíli však vzhledem k výsledkům statistické analýzy první hypotézu o nižší náročnosti fotografické metody na čas potřebný k zaznamenání artefaktu jednoznačně formálně zamítáme.

7.1.2 Časová efektivita lokalizace zaznamenaného bodu

Čas potřebný k lokalizaci specifického bodu jsme měřili u celkem čtyř respondentů – autorky a tří dobrovolníků – s různými úrovněmi zkušeností s mikroskopickou analýzou. Statistická analýza odhalila pozoruhodné odlišnosti mezi těmito respondenty.

Jak se ukázalo, u respondentů 1 a 2 bylo hledání specifických bodů statisticky významně rychlejší za pomoci výstupních podkladů nové, fotografické metody dokumentace. U respondentů 3 a 4 rozdíl mezi dokumentačními metodami signifikantní nebyl. Zatímco u respondenta 3 byl průměr i medián naměřených časů nižší za použití fotografické metody, u respondenta 4 to bylo naopak: v jeho případě se ukázala být časově efektivnější kresebná dokumentace.

U respondenta 1 byl rozdíl v naměřených časech nejvýznamnější ($p = 0,017$). Příčinou může být fakt, že se jedná o samotnou autorku fotografické dokumentační metodiky. Přestože cílem bylo vyvinout postup s co největší mírou intersubjektivy, mohl být – byť nevědomě – ovlivněn osobními preferencemi autorky, které se mohly projevit např. v zaostření fotografií. Svou úlohu mohla sehrát i míra zkušenosti s fotografickou dokumentační metodou, která byla u autorky z pochopitelných důvodů vyšší než u ostatních respondentů. Vliv mohla mít i paměť, kdy autorka každý artefakt viděla na rozdíl od ostatních respondentů vícekrát – při přípravě, fotografické i kresebné dokumentaci. Sílu těchto argumentů však oslabují jiné skutečnosti. První respondentka nebyla jediná, u koho se prokázala statistická signifikance v rozdílu naměřených časů. Jeden z dalších

respondentů sledoval průběh vytváření metodiky, a byl s ní tedy teoreticky obeznámen před vlastní účastí na experimentálním měření; v jeho případě však rozdíl mezi metodami statisticky významný není. Formální aspekty fotografie – světlo, hloubka ostrosti, vyvážení bílé barvy atd. – byly důsledně kontrolovány a konzultovány, neodráží se v nich tedy samotná osobnost autorky. Časové rozestupy mezi přípravou a dokumentací artefaktů a samotným empirickým výzkumem byly navíc u autorky záměrně delší než 7 dnů, které byly stanoveny jako minimum. Mezi dokumentací posledního artefaktu a experimentální analýzou prvního artefaktu (tím není míněno pořadové číslo, neboť artefakty byly měřeny v náhodném pořadí) uběhlo 12 dnů, tedy téměř dvojnásobek požadované pauzy. Můžeme tedy předpokládat, že u respondenta 1 byly dodrženy všechny požadavky na intersubjektivitu, a výsledek statistické analýzy skutečně vypovídá o významných rozdílech v časové efektivitě srovnávaných metod.

Také u respondenta 2 se ukázalo být využití fotografických podkladů významně časově efektivnější ($p = 0,033$) než využití podkladů kresebných. Tento respondent neměl žádné zkušenosti s traseologickou analýzou, ale věnuje se histologii. Přestože byl tedy již před zahájením výzkumu zvyklý pracovat s mikroskopem, musel si částečně osvojovat nové návyky, neboť se jednalo o jiný typ přístroje. Vzhledem k tomu, že se v praxi neseťkal ani s jedním z testovaných způsobů dokumentace, představoval vzorový případ cílové skupiny – studentů a badatelů, kteří s oborem traseologie začínají. Jeho pracovní návyky nebyly zatíženy předchozími zkušenostmi, a oba způsoby dokumentace artefaktů tak měly shodnou pravděpodobnost, že budou respondentovi vyhovovat. Stejně jako u respondenta 1 můžeme i v tomto případě zamítnout nulovou hypotézu, což je v souladu s výzkumnou hypotézou, která předpokládá, že fotografická metoda bude časově efektivnější než metoda kresebná.

U respondenta 3 jsme statisticky signifikantní rozdíl v časech nezjistili ($p = 0,169$). Před zahájením testovacích měření měla respondentka pouze krátkodobé zkušenosti s traseologickou analýzou zvířecích kostí, netýkaly se však opětovné lokalizace předem zaznamenaného bodu. Měla tedy podobné výchozí předpoklady jako respondent 2. Rozdíl mezi kresebnou a fotografickou metodou zaznamenání artefaktů však v tomto případě nebyl statisticky významný. Je zajímavé, že průměr i medián naměřených časů byly nižší u nové, fotografické metody dokumentace, byť v případě mediánu je tento rozdíl pouze

necelé 3 vteřiny. Přesto pro respondenta 3 nemáme důvod zamítnout nulovou hypotézu, a tedy nepotvrzujeme náš výzkumný předpoklad.

U respondenta 4 se nejen neprokázal statisticky významný rozdíl mezi časy potřebnými k lokalizaci určených bodů za pomoci jedné z testovaných metod ($p = 0,953$), ale navíc jako u jediného z respondentů se jako časově efektivnější ukazuje kresebná dokumentace. Průměry časů jsou téměř totožné, ale mezi mediány činí rozdíl 5,5 vteřiny. Tento respondent se traseologické analýze artefaktů věnuje již několik let. Možnou příčinou odlišných výsledků oproti ostatním respondentům může být právě skutečnost, že má již předchozí zkušenosti s využíváním kresby jako podkladu k opětovné lokalizaci konkrétních bodů. I přes silnou p -hodnotu vypovídající o tom, že mezi časovou efektivitou dokumentačních metod u respondenta 3 není žádný rozdíl, lze výsledek do jisté míry interpretovat kladně pro novou, fotografickou metodiku. Ačkoliv respondent 3 již měl zkušenosti s jednou metodou, a druhou teprve poznával, obě byly z praktického hlediska srovnatelně efektivní. Fotografickou metodiku tedy můžeme vnímat jako snadno pochopitelnou a aplikovatelnou i pro ty badatele, kteří jsou zvyklí na jiný způsob práce.

Po analýze časů naměřených u jednotlivých respondentů jsme testovali také souhrnný výsledek, kdy jsme všechna získaná data podrobili analýze jako celek. Ukázalo se, že rozdíl v časové efektivitě testovaných metod je vysoce signifikantní ($p = 0,005$) ve prospěch fotografického způsobu dokumentace. Toto zjištění je zajímavé v kontextu dříve diskutovaných výsledků, kdy tato nová dokumentační metoda vykazovala rozdílnou míru úspěšnosti u jednotlivých respondentů. Zatímco u respondentů 1 a 2 byla fotografická metoda významně časově efektivnější, u respondentů 3 a 4 se hypotéza o menší časové náročnosti nepotvrdila. Přesto při celkovém srovnání významný rozdíl mezi fotografickou a kresebnou metodou dokumentace podporuje silná p -hodnota. Tento výsledek znaménkového testu můžeme interpretovat tak, že rozdíl časů naměřených za použití obou metod není stejně často kladný a záporný, a jeden ze souborů má tedy signifikantně vyšší hodnoty. Bez ohledu na míru zkušeností, pracovní návyky či předchozí znalost dokumentačních metod je čas potřebný k lokalizaci hledaného bodu statisticky významně častěji kratší za použití nového, fotografického způsobu dokumentace artefaktů.

Nabízí se ovšem otázka, nakolik je tento rozdíl uplatnitelný v traseologické praxi. Je-li něco statisticky signifikantní, nemusí to být nutně signifikantní prakticky. Rozdíl v průměrném čase potřebném k lokalizaci bodů prostřednictvím fotografické a kresebné

metody je 9,680 vteřiny, rozdíl mediánů je dokonce jen 6,640 vteřiny. Můžeme snadno namítnout, že ačkoli je to rozdíl ze statistického hlediska významný, z hlediska každodenní praxe nejspíše nikoli. Nesmíme však zapomenout, že časová efektivita byla pouze jedním z vytyčených cílů práce; tím druhým bylo dosažení co nejvyšší možné míry intersubjektivní při aplikaci pracovního postupu. Tuto problematiku budeme diskutovat později v této kapitole, v části Další možnosti vývoje.

7.2 Vztah velikosti plochy a času potřebného k lokalizaci bodu

Na základě druhé výzkumné hypotézy jsme očekávali, že velikost plochy artefaktu, na které se nachází traseologická stopa či jiný bod zájmu, nebude mít významný vliv na čas, jež k nalezení předmětné stopy výzkumník potřebuje. Tento předpoklad jsme testovali výpočtem Spearmanova korelačního koeficientu, neparametrického testu, který zjišťuje míru korelace mezi dvěma soubory. Kladný koeficient signalizuje přímo úměrný vztah, kdy se vzrůstem hodnot jednoho souboru vzrostou i hodnoty souboru druhého. Záporný koeficient naznačuje opačnou závislost, tedy že při vzrůstu hodnot jednoho souboru hodnoty toho druhého budou klesat. U obou metod jsme získali záporný korelační koeficient: $r_s = -0,098$ pro nově vyvinutou fotografickou metodu a $r_s = -0,155$ pro kresebnou metodu dokumentace. Tyto výsledky naznačují, že se vzrůstající plochou artefaktu bude naopak klesat čas potřebný k lokalizaci specifického bodu, který se na této ploše nachází. Dále můžeme z uvedených koeficientů usuzovat, že je tento vztah silnější při použití kresebné dokumentační metody. Naproti tomu u fotografické dokumentace je korelace slabší, což značí větší stabilitu v časech potřebných pro lokalizaci hledaného bodu, které jsou méně ovlivněné dalšími faktory, jako třeba právě velikost plochy artefaktu.

S nabízející se interpretací, že čím je větší plocha artefaktu, tím rychleji zaznamenaný bod najdeme, bychom však měli být velmi obezřetní. Korelace je totiž u obou metod příliš slabá a nemá statistickou signifikanci. Můžeme tedy pouze konstatovat, že jsme nezjistili statisticky významný vztah mezi velikostí plochy a časem potřebným k nalezení specifického bodu. Tím přijímáme druhou výzkumnou hypotézu. Vzhledem k tomu, že plocha a čas spolu významně nekorelují, můžeme předpokládat, že nově vyvinutá metoda dokumentace bude aplikovatelná se srovnatelnými výsledky i na artefakty, které překračují velikostní kritéria stanovená pro tuto diplomovou práci. Artefakty podrobované

traseologické analýze mají různé rozměry a má-li být fotografický způsob dokumentace prakticky využitelný, bylo nezbytné, abychom tuto výzkumnou hypotézu přijali. Signifikantní časové výkyvy ovlivněné velikostí plochy artefaktu by mohly zapříčinit, že bude aplikace této metody nevýhodná. Naším cílem však bylo vyvinout metodu, která bude intersubjektivní a časově efektivní za všech okolností, aby byla užitečným nástrojem především pro studenty a začínající traseology. Jak z uvedených výsledků a diskuse vyplývá, z hlediska vztahu velikosti plochy a naměřeného času jsme toto kritérium potvrdili.

7.3 Vliv materiálu na čas potřebný k lokalizaci bodu

V rámci poslední výzkumné hypotézy jsme testovali, zda nalezneme vztah materiálu, ze kterého je vzorek vyroben, a času, který je potřebný k opětovné lokalizaci bodu nacházejícího se na tomto vzorku. Artefakty, jež jsou předmětem zájmu traseologické analýzy, jsou z různých materiálů, které mohou mít velmi rozmanité fyzikální i chemické vlastnosti. Může se jednat o hladký či komplikovaný povrchový reliéf, kompaktnost nebo porositu, rozdílnou světelnou propustnost a odrazivost, ale i o celou řadu dalších proměnných, které je třeba vzít v úvahu. Stejně jako je pro různé materiály vhodné zvolit různé nástroje – třeba typ mikroskopu nebo směr osvětlení – může být vhodné pro různé materiály zvolit různé metodiky dokumentace. Pokud by výsledek statistické analýzy ukázal na signifikantní rozdíly v časové efektivitě jedné či druhé metody na základě materiálu, ze kterého jsou vzorky vyrobeny, bylo by nutné toto vzít v úvahu. To by znamenalo nutnost pečlivého výběru metodiky právě podle materiálu, který chceme zdokumentovat a analyzovat, ještě před zahájením výzkumu. Druhým řešením může být úprava metodiky, kterou pro tuto práci vyvíjíme, tak, abychom co možná nejvíce rozšířili možnosti využití této metodiky pro různé druhy materiálů, se kterými se traseolog při své práci může setkat.

Druhá výzkumná hypotéza porovnávala časovou náročnost opětovné lokalizace bodů prostřednictvím fotografické a kresebné metodiky. Během testování čtvrté hypotézy nás zajímá to samé, ovšem navíc potřebujeme zohlednit vliv, který na časovou efektivitu obou metodik může mít materiál vzorků. Zvolili jsme proto analýzu kovariance (ANCOVA), která dokáže odstranit vliv kovariátu na závislou proměnnou. Výsledkem analýzy jsou průměrné hodnoty závislé proměnné upravené tak, jako by všechny měly shodnou hodnotu

kovariátu; jinými slovy, jako by všechny byly ovlivněné kovariátem stejnou měrou, a tedy vlastně nebyly ovlivněné nijak.

Po odstranění vlivu materiálu na čas jsme získali statisticky signifikantní rozdíl mezi časovou efektivitou fotografické a kresebné metodiky ($p = 0,027$). Upravený průměr časů potřebných k lokalizaci hledaného bodu prostřednictvím fotografické metody ($\bar{x} = 48,348$) je významně nižší než prostřednictvím kresebné metody ($\bar{x} = 58,028$). Neupravené průměrné časy jsou totožné ($\bar{x} = 48,348$ pro fotografickou metodu; $\bar{x} = 58,028$ pro kresebnou metodu), ale p-hodnota se liší ($p = 0,005$). U rozdílných p-hodnot je ovšem nutné zdůraznit, že je každá výsledkem jiné statistické metody. Zatímco p-hodnotu pro neupravené průměry jsme získali pomocí znaménkového testu, pro upravené průměry jsme ji vypočítali prostřednictvím F testu v rámci analýzy kovariance. Vyšší p-hodnota pro upravené průměry tedy nemusí znamenat, že je po odstranění vlivu materiálu rozdíl v časové efektivitě fotografické a kresebné metodiky menší. Můžeme pouze konstatovat, že je tento rozdíl statisticky signifikantní před odstraněním vlivu materiálu na čas, i po něm. Obě p-hodnoty jsou pod zvolenou hladinou významnosti $\alpha = 0,05$.

Vliv materiálu, ze kterého jsou vzorky vyrobeny, na čas potřebný k lokalizaci hledaného bodu jsme neprokázali. To je v souladu se čtvrtou výzkumnou hypotézou, která předpokládala, že tento vliv nebude statisticky významný. Vyvíjenou metodiku fotografické dokumentace tedy není třeba dále upravovat s ohledem na materiál. Je ovšem třeba zvážit, že jsme testovali pouze vliv dvou materiálů, kamene a kosti. V traseologické praxi je však možné se setkat s celou řadou dalších materiálů – keramikou, sklem, porcelánem, dokonce i kůží nebo dřevem. Výsledek navíc nemůžeme zobecnit ani na kamenný materiál jako celek, protože i kámen je velmi široký pojem a zahrnuje širokou škálu hornin s velmi odlišnými vlastnostmi a charakteristikami. Musíme se proto vyhnout zobecňování a závěry formulovat konzervativně. Můžeme říci jen tolik, že jsme na základě experimentální analýzy 64 vzorků, kterou prováděli 4 dobrovolníci, nenašli významný vliv materiálu na čas potřebný k lokalizaci určitého bodu zájmu prostřednictvím fotografické a kresebné metody. Materiál, který jsme testovali, jsou kosti prasete a kura a rohovec typu Krumlovský les (nikoli kámen). Možný vliv jiných materiálů na časovou efektivitu v tuto chvíli posuzovat nemůžeme a nebudeme.

7.4 Další možnosti vývoje

Testovaná metodika fotografické dokumentace artefaktů je zamýšlena především jako nástroj pro studenty a badatele, kteří s traseologií, případně mikroskopickou analýzou všeobecně, teprve začínají. Nemají tedy vytvořené dobré ani špatné pracovní návyky, nevědí přesně, kam se na zkoumaném artefaktu podívat a co vlastně vidět. V takové situaci příliš nepomáhá nejednotná terminologie, pracovní postupy, způsoby dokumentace i interpretace nalezených stop. Snažili jsme se proto vyvinout metodiku, která by odstranila alespoň něco z této zátěže. Cílem bylo najít takový způsob dokumentace, který bude nenáročný na osobní zkušenosti, časově efektivní, intersubjektivní a snadno uchopitelný.

Časovou efektivitu jsme testovali a diskutovali v rámci první a druhé výzkumné hypotézy. U první hypotézy se náš předpoklad, že dokumentace artefaktu bude časově úspornější prostřednictvím fotografické metody oproti metodě kresebné, nenaplnilo. Přesto však můžeme očekávat, že se zapojením makra do dokumentačního procesu může dojít ke zkrácení potřebného času, a tedy k potvrzení hypotézy. Toto však můžeme zjistit pouze tehdy, když provedeme nová měření, při kterých makro využijeme. Mezi jednotlivými respondenty vykazovala metodika odlišnou úspěšnost. Zatímco u některých byly rozdíly v časové efektivitě fotografické a kresebné metody významné, u jiných ne. Příčin může být mnoho. Bylo by proto vhodné provést v budoucnu další sérii měření s větším počtem respondentů. Výzkum můžeme ještě rozšířit o hodnocení validity či názoru respondentů na testované metody. Přestože má být pracovní postup intersubjektivní, tedy nezávislý na osobnosti badatele, ale i na okolním prostředí, subjektivní názor respondentů na aplikovatelnost metody je důležitý. Metoda má být totiž také snadno uchopitelná, zejména pro začátečníky v oboru. I kdyby se nám podařilo vyvinout hypotetický postup, který je absolutně přesný i spolehlivý a nepřipouští žádné pochybení, je-li nepochopitelný a neuchopitelný pro ty, kteří jej mají aplikovat, nebude nám k ničemu.

Prostřednictvím třetí a čtvrté hypotézy jsme zkoumali, jaký je vliv okolních faktorů na časovou efektivitu obou metod. Těmito faktory byla velikost plochy, na které se nachází hledaný bod, a materiál, ze kterého je zkoumaný artefakt vyroben. Intersubjektivita vyvíjené metodiky by se totiž měla vztahovat nejen na lidské aktéry, ale i na ty neživé.

Pokud by byla fotografická metoda efektivní pouze u některých materiálů či pouze v určitém velikostním rozmezí, výrazně by to omezilo její užitečnost a využitelnost. Naším cílem byl postup, který je univerzální, tedy vhodný pro všechny typy materiálů všech velikostí. V omezeném prostoru této práce jsme se zaměřili pouze na dva typy materiálů (zvířecí kost a rohovec typu Krumlovský les) a velikost vzorků jsme omezili na maximální rozměr 20 mm. Během experimentálních měření jsme kromě toho pracovali pouze s plochými artefakty; v praxi jsou však pochopitelně běžné i artefakty s variabilní morfologií. Vztah velikosti ani materiálu na časovou efektivitu obou metod jsme neprokázali. Další měření, kde využijeme širší škálu materiálů, velikostí i morfologií jsou však nezbytná, abychom mohli tyto závěry potvrdit, vyvrátit nebo upřesnit.

8 ZÁVĚR

Traseologická analýza je užitečným nástrojem pro poznání minulosti. Přináší mnoho odpovědí, které bychom bez ní nezískali, ale také klade mnoho nových podnětných otázek. Za desítky let vývoje si vydobyla pevné postavení ve světě archeologie a antropologie. Každý rok vychází řada publikací, které traseologii využívají prakticky, jako zdroj informací, nebo teoreticky rozebírají její možnosti. Využívají ji badatelé na celém světě. Přesto, nebo možná právě proto není jednotná. Variabilita se odráží v terminologii, metodologii i dokumentaci. Pro studenty a začínající badatele je o to obtížnější traseologii uchopit, získat zkušenosti a vypěstovat si pracovní návyky. Učitelé svým žákům jistě předávají znalosti, mohou poradit i ukázat, jak pracují. Co vyhovuje jednomu, však nemusí vyhovovat druhému, a pracovní postup učitele nemusí vyhovovat žákovi. Dali jsme si proto za cíl navrhnout metodiku, která umožní zaznamenat artefakt i body na něm, a tyto body následně opětovně lokalizovat tak, aby byl celý proces časově efektivní a intersubjektivní.

Metodiku jsme vyvíjeli za pomoci mikroskopu Nikon SMZ1500 a programu NIS-Elements. Na základě těchto nástrojů jsme sestavili pracovní postup, ve kterém jsme cíleně minimalizovali možné vlivy osobnosti výzkumníka, pracovního prostředí i vlastností studovaného materiálu. Zároveň jsme dbali na maximalizaci časové efektivity postupu. Charakteristiky, které měla metodika splňovat, jsme formulovali do čtyř výzkumných hypotéz, které jsme následně testovali ve srovnání s metodou kresebné dokumentace.

Požadavek na časovou efektivitu metodika splňuje jen částečně. Čas dokumentace je srovnatelný, ať použijeme fotografickou, nebo kresebnou metodu. Opětovná lokalizace již zaznamenaných bodů byla sice u dvou testujících respondentů významně méně časově náročná prostřednictvím fotografické metody, u dalších dvou jsme však významnou časovou úsporu oproti kresebné metodě neprokázali.

Požadavek na intersubjektivitu metoda splňuje v rámci testovaných hypotéz. Ani velikost plochy, ani použitý materiál nevykazovaly statisticky významný vliv na časovou efektivitu opětovného hledání zaznamenaných bodů. Intersubjektivitu pracovního postupu jsme se také snažili zajistit kruhovým světlem, jehož směr ani intenzitu nelze změnit na základě přání badatele, a zaznamenaním pozice, ve které je hledaná stopa na artefaktu nejlépe viditelná.

Tyto závěry však nejsou dostatečné. Doporučujeme další sérii měření, ve které bychom rozšířili pracovní postup o využití makra, dále bychom použili větší škálu velikostí, morfologií i použitých materiálů, a hypotézy bychom doplnili o předpoklady validity a spokojenosti respondentů s aplikací metody. Teprve poté budeme moci vyhodnotit, zda navržená metodika skutečně splňuje vytyčené cíle a je vhodná pro praktické využití v traseologii.

9 SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

Abe Y, Marean CW, Nilssen PJ, Assefa Z, Stone EC. 2002. The Analysis of Cutmarks on Archaeofauna: A Review and Critique of Quantification Procedures, and a New Image-Analysis GIS Approach. *American Antiquity* 67:643–663.

Abel RL, Parfitt S, Ashton N, Lewis SG, Scott B, Stringer C. 2011. Digital preservation and dissemination of ancient lithic technology with modern micro-CT. *Computers & Graphics* 35:878–884.

Agresti A, Finlay B. 1997. *Statistical Methods for the Social Sciences*. 3rd edition. Upper Saddle River, N.J.: Prentice Hall.

Ahler SA. 1971. Projectile point form and function at Rodgers Shelter, Missouri, College of Arts and Science, University of Missouri.

Andrefsky W Jr. 2005. *Lithics: Macroscopic Approaches to Analysis*. 2 edition. Cambridge ; New York: Cambridge University Press.

Bouwman AS, Kennedy SL, Müller R, Stephens RH, Holst M, Caffell AC, Roberts CA, Brown TA. 2012. Genotype of a historic strain of *Mycobacterium tuberculosis*. *PNAS* 109:18511–18516.

Brown KA, Brown TA. 2013. Biomolecular Archaeology. In: Brenneis D, Strier KB, editors. *Annual Review of Anthropology*, Vol 42. Vol. 42. Palo Alto: Annual Reviews. p 159–174.

Brown T, Allaby R, Brown K, Jones M. 1993. Biomolecular Archaeology of Wheat - Past, Present and Future. *World Archaeol* 25:64–73.

Brown TA, Brown K. 2011. *Biomolecular Archaeology: An Introduction*. 1 edition. Chichester, West Sussex ; Malden, MA: Wiley-Blackwell.

Brown TA. 1999. How ancient DNA may help in understanding the origin and spread of agriculture. *Philos Trans R Soc B-Biol Sci* 354:89–97.

Bureš V. 2014. Lukostřelba u kultury Zvoncovitých pohárů: Experimentální studie.

Cashmore L, Uomini N, Chapelain A. 2008. The evolution of handedness in humans and great apes: a review and current issues. *J Anthropol Sci* 86:7–35.

De Castro MC, Singer BH. 2005. Was malaria present in the Amazon before the European conquest? Available evidence and future research agenda. *Journal of Archaeological Science* 32:337–340.

Colwell DJ, Gillett JR. 1982. Spearman versus Kendall. *The Mathematical Gazette* 66:307–309.

Dries MH van den. 1998. Archaeology and the application of artificial intelligence : case-studies on use-wear analysis of prehistoric flint tools. Available from: <https://openaccess.leidenuniv.nl/handle/1887/13148>

D' Errico F, Lázničková-Galetová M, Caldwell D. 2011. Identification of a possible engraved Venus from Předmostí, Czech Republic. *Journal of Archaeological Science* 38:672–683.

Evans AA, Donahue RE. 2008. Laser scanning confocal microscopy: a potential technique for the study of lithic microwear. *Journal of Archaeological Science* 35:2223–2230.

Evans AA, Lerner H, Macdonald DA, Stemp WJ, Anderson PC. 2014. Standardization, calibration and innovation: a special issue on lithic microwear method. *Journal of Archaeological Science* [Internet]. Available from: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0305440314000818>

Evans AA. 2013. On the importance of blind testing in archaeological science: the example from lithic functional studies. *Journal of Archaeological Science* [Internet]. Available from: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0305440313003737>

Fajkus B. 2005. *Filosofie a metodologie vědy: vývoj, současnost a perspektivy*. Praha: Academia.

Fullagar R. 2009. Stones, stories and science. In: Haslam M, Robertson G, Crowther A, Nugent S, Kirkwood L, editors. *Archaeological Science Under a Microscope Studies in Residue and ancient DNA Analysis in Honour of Thomas H. Loy*. Australia: ANU E Press. p 4–7.

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

Gilboa A, Tal A, Shimshoni I, Kolomenkin M. 2013. Computer-based, automatic recording and illustration of complex archaeological artifacts. *Journal of Archaeological Science* 40:1329–1339.

Grosman L, Smikt O, Smilansky U. 2008. On the application of 3-D scanning technology for the documentation and typology of lithic artifacts. *Journal of Archaeological Science* 35:3101–3110.

Hammer Ø. 2013. *PAST: Paleontological Statistics Version 3.0. Reference manual*. Available from: <http://folk.uio.no/ohammer/past/>

Hardy BL, Garufi GT. 1998. Identification of Woodworking on Stone Tools through Residue and Use-Wear Analyses: Experimental Results. *Journal of Archaeological Science* 25:177–184.

Haslam M, Robertson G, Crowther A, Nugent S, Kirkwood L eds. 2009. *Archaeological Science Under a Microscope: Studies in Residue and Ancient DNA Analysis in Honour of Thomas H. Loy*. ANU E Press.

Inizan M-L, Reduron-Ballinger M, Roche H, Tixier J. 1995. *Technologie de la pierre taillée*. Meudon: CREP.

Jahren AH, Toth N, Schick K, Clark JD, Amundson RG. 1997. Determining Stone Tool Use: Chemical and Morphological Analyses of Residues on Experimentally Manufactured Stone Tools. *Journal of Archaeological Science* 24:245–250.

Jones M, Brown T. 2000. Agricultural origins: the evidence of modern and ancient DNA. *Holocene* 10:769–776.

Karasik A, Smilansky U. 2008. 3D scanning technology as a standard archaeological tool for pottery analysis: practice and theory. *Journal of Archaeological Science* 35:1148–1168.

Keeley LH. 1974. Technique and methodology in microwear studies: A critical review. *World Archaeology* 5:323–336.

Kendall MG. 1948. *Rank correlation methods*. Oxford, England: Griffin.

Krásná S. 2013. Možnosti využití funkčních analýz kamenné štípané industrie v archeologii.

Kuca M, Prichystal A, Schenk Z, Škrdla P, Vokac M. 2009. Lithic raw material procurement in the Moravian Neolithic: the search for extra-regional networks. In: Budja M, editor. *Documenta Praehistorica*, Vol Xxxvi. Vol. 36. Ljubljana: Univ Ljubljani, Fak Filozofska. p 313–326.

Lázničková-Galetová M. 2010. Le travail des matières d'origine dure animale dans le Magdalénien Morave : l'exemple des aiguilles à chas. *L'Anthropologie* 114:68–96.

Lepère C. 2014. Experimental and traceological approach for a technical interpretation of ceramic polished surfaces. *Journal of Archaeological Science* 46:144–155.

Lisá L, Škrdla P, Havlín Nováková D, Bajer A, Čejchan P, Nývltová Fišáková M, Lisý P. 2013. The role of abiotic factors in ecological strategies of Gravettian hunter–gatherers within Moravia, Czech Republic. *Quaternary International* 294:71–81.

Lister AM, Dirks W, Assaf A, Chazan M, Goldberg P, Applbaum YH, Greenbaum N, Horwitz LK. 2013. New fossil remains of *Elephas* from the southern Levant: Implications for the evolutionary history of the Asian elephant. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* 386:119–130.

Lobb M, Krawiec K, Howard AJ, Gearey BR, Chapman HP. 2010. A new approach to recording and monitoring wet-preserved archaeological wood using three-dimensional laser scanning. *Journal of Archaeological Science* 37:2995–2999.

Loy T, Matthaei K. 1994. Species of Origin Determination from Prehistoric Blood Residues Using Ancient Genomic Dna. *Australas Biotechnol* 4:161–162.

Loy T. 1983. Prehistoric Blood Residues - Detection on Tool Surfaces and Identification of Species of Origin. *Science* 220:1269–1271.

Loy T. 1993. The Artifact as Site - an Example of the Biomolecular Analysis of Organic Residues on Prehistoric Tools. *World Archaeol* 25:44–63.

MacDonald GF, Sanger D. 1968. Some Aspects of Microscope Analysis and Photomicrography of Lithic Artifacts. *American Antiquity* 33:237–240.

Masson M, Molnar E, Donoghue HD, Besra GS, Minnikin DE, Wu HHT, Lee OY-C, Bull ID, Palfi G. 2013. Osteological and Biomolecular Evidence of a 7000-Year-Old Case of Hypertrophic Pulmonary Osteopathy Secondary to Tuberculosis from Neolithic Hungary. *PLoS One* 8:e78252.

Matheson CD, Loy TH. 2001. Genetic sex identification of 9400-year-old human skull samples from Cayonu Tepesi, Turkey. *J Archaeol Sci* 28:569–575.

McDonald JH. 2009. *Handbook of Biological Statistics*. Sparky House Publishing.

Nance JD. 1971. Functional Interpretations from Microscopic Analysis. *American Antiquity* 36:361–366.

Neruda P. 2010. Economic Behavior and Mental Capacity of Neanderthals. In: Fridrichová-Sýkorová I, editor. *Ecce Homo. In memoriam Jan Fridrich*. Praha: Knižnice České společnosti archeologické, O.P.S. p 111–129.

Nerudová Z, Neruda P, Sadovsky P. 2011. A comparative analysis of palaeolithic bifacial artefacts. *Pamatky Archeol* 102:21–58.

Niven L, Steele TE, Finke H, Gernat T, Hublin J-J. 2009. Virtual skeletons: using a structured light scanner to create a 3D faunal comparative collection. *J Archaeol Sci* 36:2018–2023.

Odell GH. 1975. Micro-wear in perspective: A sympathetic response to Lawrence H. Keeley. *World Archaeology* 7:226–240.

Osorio MF, Figueroa P, Prieto F, Boulanger P, Londoño E. 2011. A novel approach to documenting artifacts at the Gold Museum in Bogota. *Computers & Graphics* 35:894–903.

Parkinson J. 2013. A GIS Image Analysis Approach to Documenting Oldowan Hominin Carcass Acquisition: Evidence from Kanjera South, FLK Zinj, and Neotaphonomic Models of Carnivore Bone Destruction.

Pobiner BL, DeSilva J, Sanders WJ, Mitani JC. 2007. Taphonomic analysis of skeletal remains from chimpanzee hunts at Ngogo, Kibale National Park, Uganda. *Journal of Human Evolution* 52:614–636.

Popper KR, Fiala J. 1997. *Logika vědeckého zkoumání*. Oikúmené. Praha: Oikoymenh.

Press WH, Teukolsky SA, Vetterling WT, Flannery BP. 2002. *Numerical Recipes C: The Art of Scientific Computing 2nd Edition* | Numerical recipes | Cambridge University Press. 2nd Edition. Cambridge University Press. Available from: <http://www.cambridge.org/us/academic/subjects/mathematics/numerical-recipes/numerical-recipes-c-art-scientific-computing-2nd-edition>

Quinn GP, Keough MJ. 2002. *Experimental Design and Data Analysis for Biologists*. 1 edition. Cambridge, UK ; New York: Cambridge University Press.

Rots V. 2010. *Prehension and Hafting Traces on Flint Tools: A Methodology*. Universitaire Pers Leuven.

Šajnerová-Dušková A. 2007. *Tools of the Mammoth Hunters: The Application of Use-Wear Analysis on the Czech Upper Palaeolithic Chipped Industry*. Oxford, England: British Archaeological Reports.

Sandweiss MA. 2007. Image and artifact: The photograph as evidence in the digital age. *J Am Hist* 94:193–202.

Schlumbaum A, Tensen M, Jaenicke-Després V. 2008. Ancient plant DNA in archaeobotany. *Veget Hist Archaeobot* 17:233–244.

Semenov SA. 1976. *Prehistoric Technology: an Experimental Study of the Oldest Tools and Artefacts from Traces of Manufacture and Wear*. New York: Barnes & Noble.

Sokal RR, Rohlf FJ. 2009. *Introduction to Biostatistics: Second Edition*. Second Edition. Mineola, N.Y.: Dover Publications.

Sosna D. 2012. Stone Arrowheads from Hoštice I: Use-Wear Analysis. In: Matějčková A, Dvořák P, editors. *Pohřebišť z období zvoncovitých pohárů na trase dálnice D1 Vyškov - Mořice*. *Pravěk Supplementum* 24 sv. I. Brno: Ústav archeologické památkové péče Brno. p 323–338.

Spearman C. 1904. The Proof and Measurement of Association between Two Things. *The American Journal of Psychology* 15:72–101.

Steele J, Uomini N. 2005. Humans, tools and handedness. In: Roux V, Bril B, editors. Stone knapping: the necessary conditions for a uniquely hominin behaviour. . p 217–239.

Stemp WJ, Chung S. 2011. Discrimination of Surface Wear on Obsidian Tools Using LSCM and RelA: Pilot Study Results (Area-Scale Analysis of Obsidian Tool Surfaces). *Scanning* 33:279–293.

Styliani S, Fotis L, Kostas K, Petros P. 2009. Virtual museums, a survey and some issues for consideration. *Journal of Cultural Heritage* 10:520–528.

Symens N. 1986. A Functional Analysis of Selected Stone Artifacts from the Magdalenian Site at Verberie, France. *Journal of Field Archaeology* 13:213–222.

Tabachnick BG, Fidell LS. 2007. *Using Multivariate Statistics*. 5 edition. Boston: Pearson.

Thomas TR, Rosén B-G, Zahouani H, Blunt L, Mansori ME. 2011. Traceology, quantifying finishing machining and function: A tool and wear mark characterisation study. *Wear* 271:553–558.

Uomini NT. 2009. The prehistory of handedness: Archaeological data and comparative ethology. *Journal of Human Evolution* 57:411–419.

Williams EM, Gordon AD, Richmond BG. 2012. Hand pressure distribution during Oldowan stone tool production. *Journal of Human Evolution* 62:520–532.

Zar JH. 2010. *Biostatistical analysis*. Prentice-Hall/Pearson.

10 RESUMÉ

Traceology is a microscopic method of use wear examination widely used in archeology and anthropology. Despite being well established in the field, numerous conferences, and a number of published works every year, a remarkable space for heterogeneity still persists. Individual preferences of authors are reflected in methodology, terminology, and documentation of the artifacts.

The aim of this thesis is to suggest a new methodology of documentation that would comply with the following criteria: (1) Better performance in time efficiency of this method in comparison to illustration, a documentation method that is today widely used both for personal needs during the research and publication purposes. (2) High level of intersubjectivity that would minimize the effects of individual preferences or other circumstances such as light conditions or physical traits of the artifacts themselves.

The methodology was developed with the use of a Nikon SMZ1500 microscope and NIS-Elements software that enable taking pictures directly via the microscope camera, and further processing them in a computer.

To verify the assumed characteristics of this methodology, we designed an experiment involving 64 experimentally manufactured artifacts of Krumlovský les chert and animal bones. Four respondents with different levels of experience were asked to find a point of interest on each of these artifacts using both documentation methods – the new photographic one, and the widely used illustration one. Time needed to localize this point of interest was measured each time. With this data, a set of three research hypotheses dealing with the expected characteristics of the methodology were then tested. An additional hypothesis described the time efficiency of the documentation method itself.

We did not confirm the two hypotheses dealing with time efficiency entirely. The documentation was not significantly faster using the new method. The repeated localization of once documented points of interest was significantly faster using the new method in comparison to the illustration method with two respondents. The other two respondents, on the other hand, did not show significant differences.

Testing the hypotheses describing the influence of size and material of each artifact did not yield significant results either. In this case it concurs with our demand that the methodology should not be influenced by other circumstances.

Although the results are not entirely conclusive, we assume to be on a good way to present a new methodology of documentation for traceological analysis. This would be particularly useful for students and beginners. To confirm the applicability of the methodology, we suggest a series of further tests with improved assumptions and procedures.