

Technické značky jako opomíjený archeologický pramen? Fotogrammetrická analýza den nádob z velkomoravských hrnčírských dílen ze Starého Města (okr. Uherské Hradiště), polohy „U Víta“

Technical marks as a neglected archaeological record?
Photogrammetric analysis of the bottoms of vessels from
Great Moravian pottery workshops at the 'U Víta' site in Staré Město
(Uherské Hradiště district)

Michal Hlavica – Vojtěch Nosek – Lucie Valášková – Jan Petřík

Práce prezentuje možné alternativy v přístupu k vyhodnocování souborů keramických nádob se značkami na dnech. Prostřednictvím analýzy ukázkového souboru ze dvou předpokládaných hrnčírských dílen ze Starého Města (okr. Uherské Hradiště), polohy „U Víta“ jsou ilustrovány přednosti metody fotogrammetrické dokumentace a následného porovnávání záznamů ve virtuálním prostředí. Možnosti virtuálního porovnání archeologického materiálu jsou testovány nejen na tradičně vyhodnocovaných značkách s reliéfními symboly (tzv. značky plastické), ale i na dosud opomíjených otiscích os na dnech nádob (značky technické) a také některých dalších neintencionálních otiscích. Prostřednictvím obdrženených výsledků se pak práce zamýšlí i nad možnou úrovní organizace produkce v obou pojednávaných dílnách.

Velká Morava – keramika – hrnčírská dílna – hrnčírské značky – fotogrammetrie – pXRF

The work presents possible alternatives in approaching the evaluation of assemblages of pottery vessels with marks on their bottoms. By means of an analysis of a sample group from two assumed pottery workshops from the 'U Víta' site in Staré Město (Uherské Hradiště district), the benefits of the method of photogrammetric documentation are illustrated and records from the virtual environment are subsequently compared. The possibilities for the virtual comparison of archaeological material are tested not only on traditionally evaluated marks with relief symbols, but also on heretofore neglected axis imprints (technical marks) as well as some other additional unintentional imprints. Based in the obtained results, the work then considers the possible level of production organisation at both of the studied workshops.

Great Moravia – pottery – pottery workshop – pottery marks – photogrammetry – pXRF

1. Úvod

Zvyk hrnčírů opatřovat část své keramické produkce značkami na dnech nádob ve střední Evropě registrujeme poprvé již v průběhu 6. století, a to u pozdně antické keramiky ze středního Podunají (*Macháček 1997, 355*). Známe je i z hrobových nálezů místních avarských pohřebišť přelomu z 8. a 9. století (*Točík 1962*). Výrazný rozvoj však značení zažívá až s nástupem velkomoravské kultury v období středohradištním, kdy se značky stávají geograficky široce rozšířenou záležitostí – vyskytují se běžně jak v kontextech velkomoravských sídelních aglomerací, tak i ve venkovských lokalitách (*Varadzin 2005, 169*). Tradice

značení přežívá pád Velké Moravy a jeho obliba v čase nadále roste, aby se nakonec stalo nedílnou součástí vrcholně středověkého hrnčířství. A to až do přelomu 13. a 14. století, kdy frekvence užívání značek opět postupně klesá (o. c., 174–176). Značky nakonec z den nádob zcela mizí v průběhu 15. století, kdy zachycujeme jejich poslední projevy (např. Reichertová 1956, obr. 11; Nekuda 1963, 72, tab. XXIV).

V archeologických nálezech se prvně dokumentovaná dna se značkami podařilo rozpoznat již v průběhu 19. století (viz *Vocel 1868*, 461–465) a už tyto první nálezy podnítily živý zájem archeologické obce. Badatelé od té doby vyvinuli nemalé úsilí ve snaze o interpretaci účelu značek (souhrnně viz *Černoorský 1974*, vše s lit.; *Varadzin 2005*, 179–181 s lit.), avšak ani za dobu půl druhého století, po kterou se problému věnovali, nedokázal nikdo zcela přesvědčivě zodpovědět základní otázky týkající se motivace hrnčírů ke značení, důvodu značení pouhé části keramické produkce či příčin zániku celé tradice.

Těžkosti při objasňování elementárních aspektů problematiky nakonec vyústily ve snahu o alternativní uchopení tohoto pramene, jež využilo jednu z jeho unikátních charakteristik. Tou jsou skupiny identických plastických značek, tzn. značek, které ačkoliv se nacházejí na různých dnech nádob, nesou otisk shodného negativu s původní rytinou (viz také *Eisner 1966*, 178). Již první práce vyhodnocující soubory shodně značených den ukázaly, že k jejich studiu lze přistupovat v zásadě dvojím způsobem. B. Lepówna při systematickém výzkumu rybářské a řemeslnické osady v Gdaňsku zkoumala především chronologii identických plastických značek a jejich prostorovou distribuci v rámci jedné lokality. Ze zjištěných poznatků následně usoudila na časové trvání jednoho hrnčířského kruhu, současný počet dílen v lokalitě i na lokální distribuční schémata (*Lepówna 1959; 1968*, 129–160). Z. Kołos-Szafranska oproti tomu objemem identických značek mezi vzdálenějšími lokalitami naznačila perspektivu v analýze identických otisků v širších geografických kontextech (*Kołosówna 1950*, 445, obr. 9). V Čechách potenciál značek rozpoznal J. Sláma, jenž se již na základě vyhodnocení keramického souboru ze středních Čech zamýšlel i nad ekonomickým pozadím regionální hrnčířské produkce a distribuce v 9. a 10. století (*Sláma 1970*). Slámovy poznatky později doplnil i L. Varadzin (2010, 43–45). Ten však mimo to podrobně vyhodnotil i raně středověký keramický materiál ze Staré Boleslavi (*Varadzin 2007*), aby podobně jako již před ním M. Richter (1982, 153–156) v případě Hradiška u Davle využil značených den k úvahám nad mechanismy zásobování lokality keramickou produkcí.

2. Opomíjené technické značky

Bádání nad identicky značenými dny se však až na ojedinělé výjimky dosud vyhýbalo značkám technickým. Tento specifický typ otisků, jenž vznikl coby neintencionální důsledek proniknutí osy hrnčířského kruhu do dna nádoby, je minimálně v raně středověkém archeologickém materiálu evidován často až s několikanásobně větší četností¹ než značky plastické (tzn. značky s reliéfním vyobrazením). Právě početnost technických značek spolu s jejich obecně menší atraktivitou² a relativní tvarovou uniformitou³, jež je standardně užívanými

¹ Dle předběžného vyhodnocení raně středověkého materiálu z hradiště v Mikulčicích byl vyčleněn soubor 2138 značek, z nichž přibližně v 1800 případech se jedná o značku technickou, tzn. otisk osy hrnčířského kruhu.

dokumentačními metodami (viz *Lepówna 1959*, 35, tab. III–IV; *Unger 1978*, 403; *Varadzin 2007*, 57) jen velmi obtížně analyzovatelná, byla hlavní příčinou jejich absence v dosud vyhodnocovaných souborech. Nazíráme-li je stejným prizmatem, jímž přistupujeme ke značkám plastickým (tzn. značkám s reliéfními vyobrazeními), může se na první pohled zdát, že je tato absence oprávněná. Vzhledem k jejich neintencionalitě se u nich nepředpokládá žádný přínos pro řešení badatelských otázek spjatých s účelem značení, jejich kvantitativní aspekt v kombinaci s motivickou uniformitou a nedokonalostí dokumentačních metod také výrazně komplikoval potenciální snahy o mapování prostorové distribuce identických jedinců, jehož výsledky by mohly vydat svědectví o úrovni organizace tehdejší keramické produkce a distribuce.

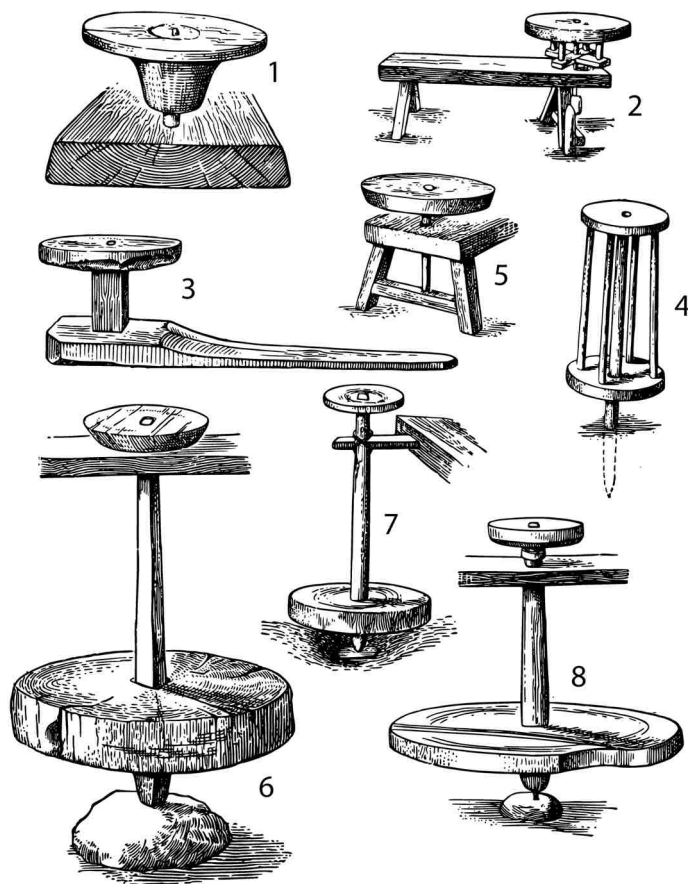
Mezi ojedinělé výjimky naznačující způsob, kterým je možno technické značky badatelsky uchopit, patří vyhodnocení keramického souboru z hradišť Tornow a Vorberg, které pochází z pera *J. Herrmanna (1966)*. Výjimečný badatelský zájem o technické značky byl v tomto případě iniciován pravděpodobně skutečností, že autor na 486 dochovaných dnech nádob nezachytil ani jednu plastickou značku. Zaměřil se tedy alespoň na podrobný rozbor 263 nádob s kruhovými technickými otisky a na základě jejich analýzy došel k vysokému počtu 69 unikátních os hrnčířských kruhů, jež se měly na hradištích vyskytovat (*o. c.*, 54–55). K vyhodnocení souboru autor využil velmi jednoduchou techniku porovnání průměrů kruhových otisků a hloubek jejich vtažení do den nádob.⁴

Poněkud odlišným způsobem pojal bádání o technických značkách *A. Bobrinskij (1962)*. Přínos jeho unikátní studie tkví především ve faktu, že technické značky zkoumal prostřednictvím experimentu na hrnčířských kruzích zachycených etnografickým výzkumem v oblasti východní Evropy a střední Asie. Zhodnotil tak celkem osm kruhů (*obr. 1*), jež lze dle upevnění středové osy rozčlenit do dvou základních skupin. První skupina disponuje nepohyblivou středovou osou (*obr. 1: 1–4*). Tyto osy jsou charakteristické především pro ruční kruhy jednodušší konstrukce (viz také *Hołubowicz 1950*, 56–68) a vyznačují se svým pevným zakotvením v zemi či jiné základně hrnčířského kruhu a volným nasazením jednoho či dvou spojených disků, které mohl hrnčíř nezávisle na ose uvést v rotaci. Druhá skupina (*obr. 1: 5–8*) je opatřena osou pohyblivou. Pohyblivá osa je volně umístěna do země nebo jiné základny, avšak pevně spojena s nasazeným diskem či disky kruhu. Uvede-li se disk v pohyb, osa se pohybuje simultánně s ním. Konstrukce s pohyblivou osou je vlastní především modernějším nohou poháněným kruhům, etnograficky se však tento typ upevnění osy podařil dokumentovat i u jednodušších ručních kruhů (*obr. 1: 5*; např. *Jagor 1882*, obr. na str. 458).

² U technických značek se uvažuje jen nad jejich praktickou funkcí, resp. praktickou funkcí vyčnívající osy kruhu, jež technické značky vytvořila (*Černohorský 1974*, 63), nepředpokládá se u nich symbolický smysl ani společenský význam (k terminologii viz *Neustupný 2007*, 19, tab. 3; *2010*, 83–91). Absence těchto atributů technické značky diskvalifikovala z rozsáhlé a dosud neukončené diskuze nad účelem značení.

³ Dle předběžně vyhodnoceného mikulčického souboru jsou technické značky v naprosté většině jednoduchého kruhového tvaru, v podstatně menším počtu nesou podobu čtverce a jen zcela výjimečně i jiných pravidelných geometrických tvarů, například oválu či jiného víceúhelníku.

⁴ *J. Herrmann* se však při vyhodnocování s největší pravděpodobností dopustil metodické chyby, když jako jeden z parametrů kategorizace technických značek vzal právě hloubku vtažení otisku do dna nádoby. Jak ukazuje vyhodnocení materiálu z naší studie (viz dále), identická osa (tj. osa z jednoho hrnčířského kruhu) se může projevit i různou hloubkou proniknutí do dna nádoby. Pokud tuto hloubku z parametrů kategorizace vyloučíme, počet unikátních os kruhů by se v případě souboru z Tornowa zredukoval na 29 (srov. *Herrmann 1966*, 60–61).



Obr. 1. Hrnčířské kruhy s osou nepohyblivou (1–4) a osou pohyblivou (5–8) zachycené A. Bobrinským při etnografickém výzkumu hrnčířství východní Evropy a střední Asie (podle *Bobrinskij 1962*, upraveno).

Fig. 1. Potter's wheels with a stationary axis (1–4) and a non-stationary axis (5–8) recorded during an ethnographic study of pottery in Eastern Europe and Central Asia (after *Bobrinskij 1962*, modified).

A. Bobrinskij došel k poznatku, že různě upevněná osa hrnčířského kruhu se může prostřednictvím technických značek projevovat různými typy otisků. Kruhy s nepohyblivou osou zanechávají kruhové či oválné otisky v podobě tzv. dynamických značek, tzn. značek s rozpoznatelnými stopami po rotaci keramického těsta na ose. Dynamické značky mohou vzniknout jednak v souvislosti s konstrukčním řešením, při němž nepohyblivá osa vyčnívá nad rovinu disku (k tomu viz *Černohorský 1974*, 63), popř. se u některých konstrukcí (obr. 1: 1–2) vytvoří tak, že osa diskem pronikne vlivem jeho postupného opotřebení (viz také *Hotubowicz 1950*, 57–58, obr. 5). Podle A. Bobrinského sice mohou kruhy s nepohyblivou osou zanechat i značky bez rozpoznatelných stop rotace (tzv. značky statické), ty jsou však prováděny důsledkem užití kruhu s osou pohyblivou. Absence stop rotace je v případě kruhu s pohyblivou osou důsledkem simultánního pohybu disku a osy.

Z poznatků experimentálního studia technických značek tedy vyplývá, že v případě archeologicky nejběžněji nacházených kruhových otisků často není jednoduché rozhodnout, jsou-li pozůstatkem osy pohyblivé či nepohyblivé. Hrnčířské kruhy s pohyblivou osou jsou však bezpečně rozpoznatelné prostřednictvím statických značek víceúhelníkových tvarů (jejich dochování je v případě rotace keramické hmoty na ose vyloučeno). Tyto víceúhel-

nikové technické značky coby pozůstatky pohyblivých os jiného než kruhového průřezu je možno doložit již ve velkomoravském materiálu (např. *Dostál 1975*, tab. XXV: 7; *Kostelníková 1975*, tab. VIII: 1–3). Pro budoucí bádání se tak nabízí otázka, jaké hrnčířské kruhy vlastně velkomoravští hrnčíři užívali, zdali se jejich konstrukce mohla lišit například mezi venkovskými sídlišti a velkomoravskými centry a co by tento poznatek mohl vypovědět o úrovni organizace velkomoravského hrnčířství.

Bádání nad technickými značkami nebylo dosud příliš intenzivní, z jeho dosavadního stavu je zřejmé, že technické značky se od těch plastických odlišují především přítomností atributů reflektujících konstrukční specifika hrnčířských kruhů. Tento kvalitativní aspekt technických značek je možno považovat za určitou paralelu reliéfním vyobrazením, jež jsou zachovány značkami plastickými, oba prameny však vypovídají o odlišných aspektech hrnčířské výroby. Zatímco vyobrazení na plastických značkách odrážejí spíše symbolické univerzum středověkého hrnčíře, technické značky, jež jsou o tento symbolický smysl ochuzeny, odkazují oproti tomu na technologický aspekt produkce.

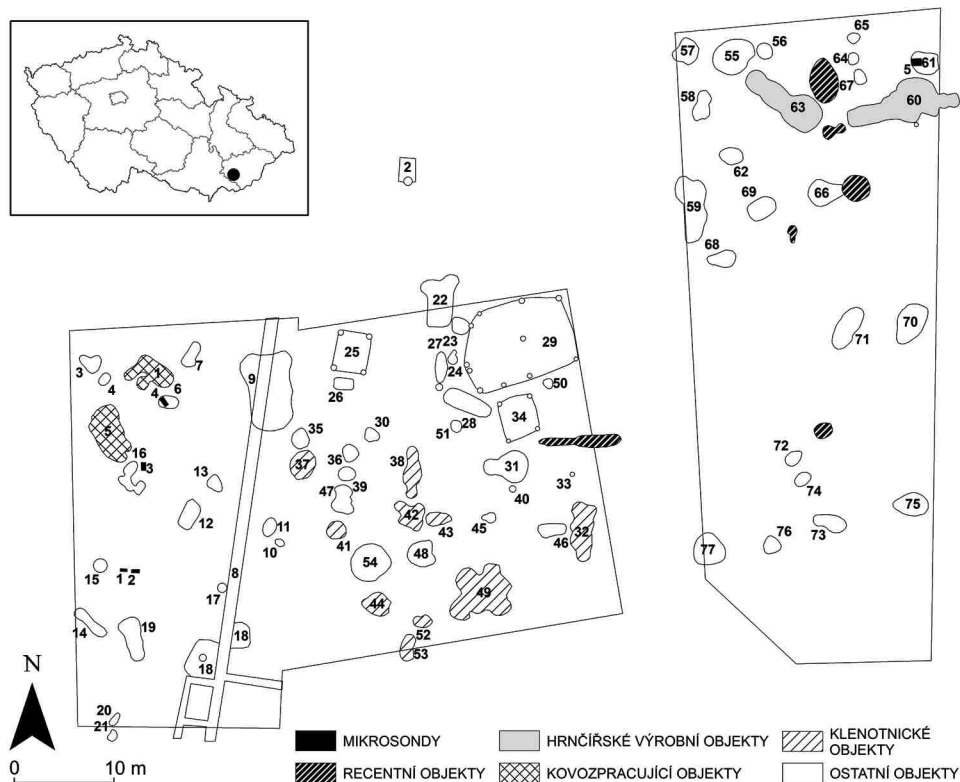
Předkládaná práce využívá tohoto poznatku a výpovědní hodnotu technických značek se snaží ještě umocnit pokusem o dohledání otisků identické osy, tzn. vyčleněním podsouborů pocházejících z jednotlivých hrnčířských kruhů. Vzhledem k četnosti výskytu technických značek v nálezových souborech by úspěšná aplikace podobného přístupu mohla napomoci odhalit novou výpovědní hodnotu tohoto dosud vesměs opomíjeného pramene. Aby však bylo možno identické jedince mezi technickými značkami úspěšně rozpoznat, je třeba se překlenout přes těžkosti při jejich dokumentaci a následném porovnávání. Studie tedy prezentuje i pokročilé nástroje sloužící k dokumentaci a porovnávání značených den, testován je v tomto ohledu především přínos 3D fotoskenování a komparace pořízených záznamů ve virtuálním prostředí. Metodika vyhodnocení je demonstrována na menším souboru značené keramiky ze dvou středohradištních řemeslnických objektů z velkomoravského centra ve Starém Městě (okr. Uherské Hradiště), polohy „U Víta“, u nichž se předpokládají aktivity spjaté s hrnčířskou výrobou. Na vyhodnoceném souboru je také ilustrován výpovědní potenciál technických značek, a to prostřednictvím úvah o úrovni organizace výroby v obou dílnách. Práce sleduje i otázku, jakými specifiky by se v keramických souborech mohly velkomoravské hrnčířské dílny projevovat. V souvislosti s posledně jmenovaným cílem byla analýza značených den doplněna i analýzou prvkového složení keramického materiálu. Pomocí něj bylo usuzováno na materiálová specifika keramického souboru z obou řemeslnických objektů i staroměstské produkce obecně.

3. Materiál

3.1. Řemeslnický areál a předpokládané hrnčířské dílny ze Starého Města (okr. Uherské Hradiště), polohy „U Víta“

První archeologický průzkum na staroměstské poloze „U Víta“⁵ se uskutečnil v roce 1929, kdy zde A. Zelnitius odkryl nepatrné pozůstatky základů církevní stavby (*Hanák 1931*;

⁵ Z hlediska pomístních jmen bývá poloha označována jako „U sv. Víta“, „U kostelíka“, „Na kostelíku“ či „Za kostelíkem“. Všechny tyto názvy připomínají kostel sv. Víta, který je zmiňován v písemných pramenech a definitivně zanikl během josefínských reforem v 80. letech 18. století (*Fišer 1921*, 17).



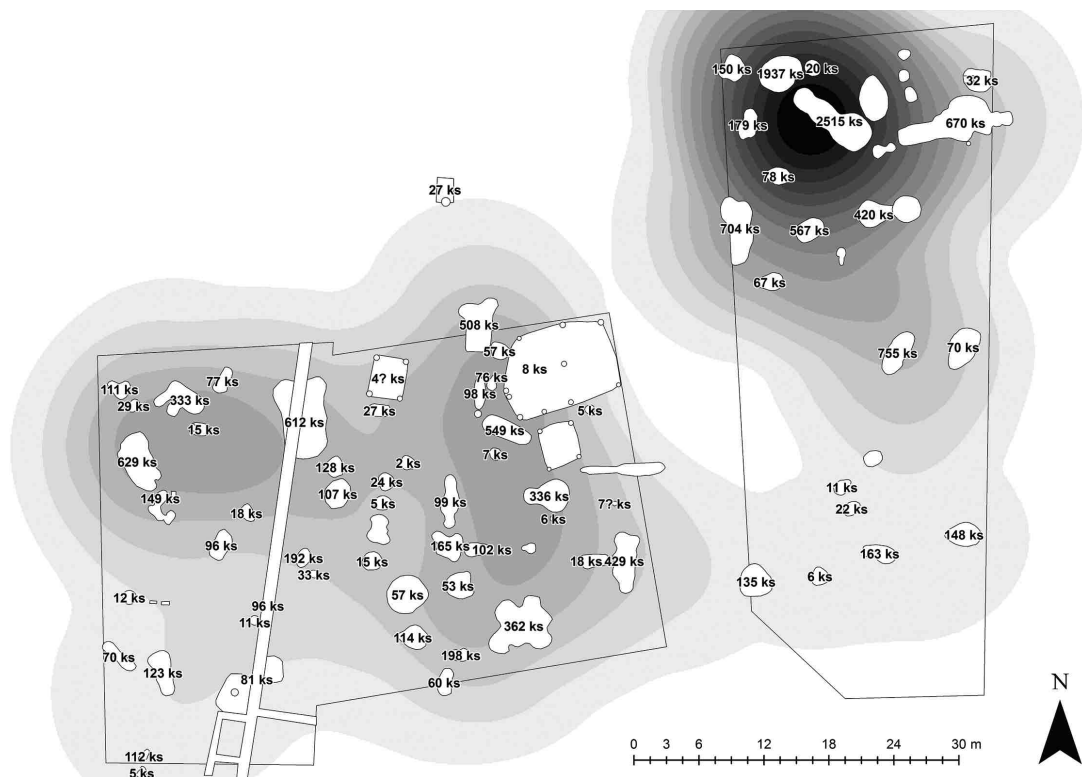
Obr. 2. Plocha řemeslnického areálu ze Starého Města (okr. Uherské Hradiště), polohy „U Víta“ s vyznačením interpretovaných objektů.

Fig. 2. Grounds of the craft area at the 'U Víta' site in Staré Město (Uherské Hradiště district) showing the interpreted features.

Zelnitius 1940). Ta však byla již tehdy v naprosté většině zničena systematickou těžbou hlíny, která v lokalitě probíhala od 70. let 19. století (*Hrubý 1965*, 192–193). To potvrdil i revizní výzkum uskutečněný V. Hrubým v první polovině 50. let 20. století, jež na místě již žádné doklady církevní stavby nezachytil (*Hrubý 1955*). Součástí revizního výzkumu V. Hrubého byl však i odkryv širšího zázemí svatyně, ten odhalil doklady velkomoravského osídlení. Nově nalezený materiál a stratigrafická pozorování jej tehdy vedly k předběžnému závěru, že v daném prostoru stávala na konci 9. století osada, která však neměla dlouhého trvání (*Hrubý 1965*, 82).

Velký záchranný výzkum iniciovaný bytovou a investiční výstavbou zde o dvě desetiletí později podnikli pracovníci Moravského zemského muzea a Slováckého muzea.⁶ V rámci

⁶ Zájem pracovníků Slováckého muzea se soustředil především na výzkum pozdně hradištního a středověkého sídliště, jež se nacházelo ve východní části zkoumané lokality, zatímco pracovníci Moravského zemského muzea se věnovali výzkumu velkomoravského osídlení. Materiál a dokumentace Slováckého muzea je umístěna v depozitářích této instituce pod názvem polohy „Hřbitovní“, materiál datovaný do středohradištního období byl umístěn v depozitářích Moravského zemského muzea pod názvem „U Víta“.



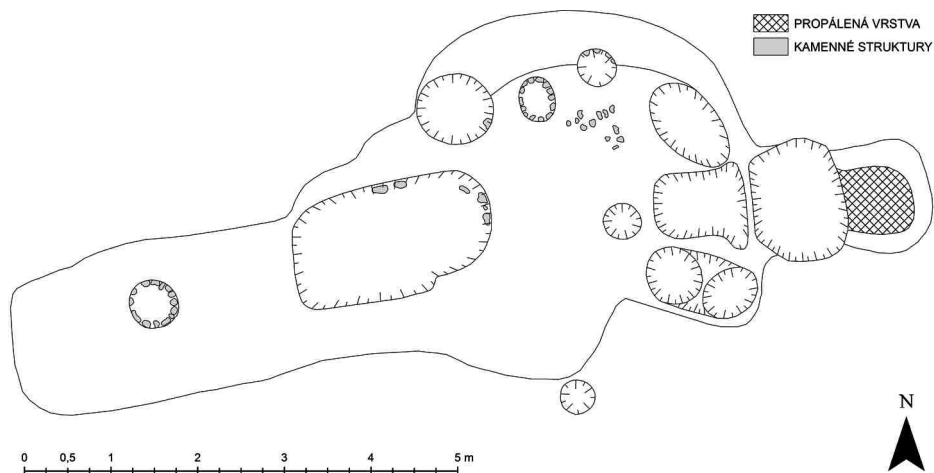
Obr. 3. Prostorová distribuce keramických fragmentů v objektech podložená rastrovým výstupem z Kerne-lova odhadu hustoty (*Kernel density estimation*).

Fig. 3. Spatial distribution of pottery fragments in features documented with a Kernel density estimation.

akce byla prozkoumána plocha o celkové výměře 3000 m². Archeologové Slovákého muzea zachytili 70 objektů středohradištního až pozdně hradištního a středověkého období (*Snášil 1978*), zatímco parcela exkavovaná Moravským zemským muzeem vydala 77 objektů a šest kostrových hrobů datovaných do období Velké Moravy (*Marešová 1977*).

Vyhodnocení středohradištní části materiálu provedené L. Galuškou interpretovalo objekty „U Víta“ coby součást rozsáhlého velkomoravského řemeslnického areálu (*obr. 2*), jež bylo možno dodatečně rozčlenit na několik komponent. Byly jimi klenotnický okrsek (*Galuška 1989b*), okrsek kovozpracující (*Galuška 1992*) a také dosud ne zcela důsledně publikovaný okrsek velkomoravských hrnčírů (*Galuška 1989a; 1989b, 408*). Severovýchodní část areálu s předpokládanou hrnčírskou výrobou se oproti jiným částem lokality projevila enormní koncentrací keramického materiálu (*obr. 3*), zahrnujícího i větší počty fragmentů zásobnic s plastickými lištami (*Galuška 1989a, 122–124*)⁷ a zanedbatelným podílem kuchyňského odpadu (jen asi 4 % keramického materiálu neslo stopy užívání v podobě

⁷ L. Galuška velkým zásobnicím s plastickými lištami přisuzoval praktickou funkci spjatou s hrnčírskou výrobou (*Galuška 1989a, 130*).



Obr. 4. Plán objektu 60.
Fig. 4. Plan of feature 60.

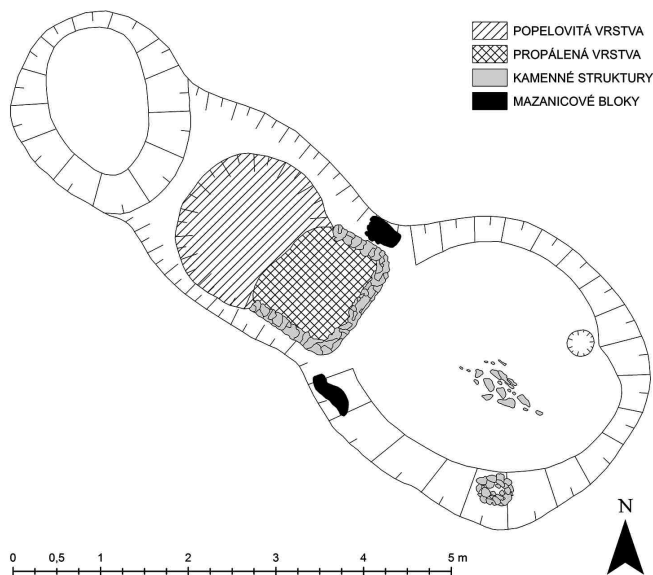
příškvarků).⁸ Uváděny jsou i nálezy některých hrnčířských polotovárů (*Galuška 1989b*, 408). Dva z výrobních objektů (obj. 60 a 63) také disponovaly vlastními vypalovacími zařízeními a i jejich další kvalitativní atributy, jež byly z velké části srovnatelné s charakteristikou velkých řemeslnických dílen na Pohansku u Břeclavi (viz *Dostál 1986*), o nich dovolovaly uvažovat coby o velkomoravských hrnčířských dílnách.

3.2. Charakteristika řemeslnického objektu 60

Rozsáhlý objekt podlouhlého nepravidelného tvaru (*obr. 4*) byl zjištěn 40 cm pod úrovní současného terénu, jeho delší osa byla orientovaná ve směru V–Z a měřila 10,55 m. Ve východní části objektu byla zachycena klenba hliněné pece, široká 15–25 cm. Délka pece byla 102 cm a šířka 114 cm (včetně šířky klenby), šířka topného otvoru byla 70 cm. Dno pece se nacházelo v hloubce 60 cm pod dnešní úrovní terénu a bylo silně propáleno žárem. K peci přiléhala předpecní popelová jáma o rozměrech 142 × 81 cm. Její stěny mírně šikmo klesaly k rovnému dnu v hloubce 70 cm pod úrovní terénu v době výzkumu. Na popelovou jámu navazovala přístupová plocha dlouhá 115 cm a široká 76 cm, ke které přiléhala oválná prohlubeň o rozměrech 100 × 58 cm s mísovitým dnem v hloubce 87 cm. Jižně od přístupové plochy byly dvě podobné prohlubně. První, východněji umístěná prohlubeň měla rozměry 65 × 55 cm a dno v hloubce 68 cm. Západní prohlubeň měla rozměry 60 × 65 cm a její dno se nacházelo v hloubce 73 cm pod současnou úrovní terénu. V blízkosti severní stěny byla zjištěna kulová jáma o průměru 40 cm, jejíž dno bylo v hloubce 84 cm. Ve vzdálenosti 137 cm od této kulové jámy se nacházela druhá kulová jáma o průměru 43 cm a dnem v hloubce 87 cm. Třetí kulová jamka byla umístěna vně objektu a měla rozměry 40 × 35 cm a dno v hloubce 55 cm pod dnešní úrovní. Ve vzdálenosti 85 cm od severní stěny byla zjištěna malá píčka kulovitého tvaru o průměru 50 × 40 cm, jejíž propálené dno se nacházelo

⁸ Vyhodnocení L. Valáškové pro potřeby této studie.

Obr. 5. Plán objektu 63.
Fig. 5. Plan of feature 63.



v hloubce 67 cm. Při severní stěně objektu, v místech nápadného zúžení (na šířku pouhých 280 cm), byla oválná prohlubeň dlouhá 90 cm, široká 80 cm a zahluobená 87 cm pod dnešní úroveň terénu. Přibližně ve středu objektu byla umístěna pravidelná oválná prohlubeň o rozměrech 230 × 132 cm, jejíž stěny mírně šikmo klesaly k rovnému dnu. Přibližně v místech západního okraje této prohlubně se objekt opět nápadně zúžil na šířku ca 170 cm, což naznačovalo, že se v těchto místech mohla nacházet vstupní část objektu. Ve středu tohoto zúžení, ve vzdálenosti 860 cm od východního okraje objektu, byla zachycena malá kruhovitá píčka o průměru 55 cm, jejíž dno bylo v hloubce 69 cm pod dnešní úrovní (*Hrubý – Marešová 1976, 24*).

Výplň⁹ obj. 60 obsahovala 670 fragmentů keramiky (o váze 13,1 kg), z toho 34 fragmentů patřilo mezi dna a 19 fragmentů bylo zařazeno mezi dna s nezdobenou výdutí (zbytek fragmentů byl přiřazen k dalším kategoriím – 57 ks okrajů, 28 ks okrajů se zdobenou výdutí, 204 ks zdobených výdutí, 317 ks nezdobených výdutí a 11 ks fragmentů hrdel). V rámci podsouboru den byly zachyceny celkem 3 technické značky v podobě kruhových otisků osy¹⁰ a 2 dna s otiskem, u nichž nebylo možno rozhodnout, nesou-li značku, případně zda se jednalo o neintencionální otisk.¹¹ Dvě dna byla také prokazatelně neznačena (fragменты obsahovaly střed dna bez otisku). Plastické značky (tzn. značky s reliéfními symboly) nebyly zachyceny.

⁹ Dokumentace záchranného výzkumu „U Víta“ nezaznamenala u vyzvednutého keramického materiálu bližší nálezové kontexty. Ty jsou ve všech případech redukovány jen na přiřazení k jednotlivým objektům, což prakticky znemožňuje podrobnější zamyšlení se nad depozičními procesy v rámci obou prezentovaných dílen.

¹⁰ I. č. SM 9033, SM 9034, SM 13454.

¹¹ Otisk struktury dřeva se vyskytl na fragmentu i. č. SM 9032, fragment č. SM 9090 nejspíše zachytil otisk čepů v disku kruhu (viz také *obr. 19: 1*). U druhého případu není nezajímavé srovnání s některými etnografickými prameny (*obr. 19: 2*).

3.3. Charakteristika řemeslnického objektu 63

Nepravidelně zaoblený objekt protáhlého tvaru (*obr. 5*) byl identifikován v hloubce 60 cm pod úrovní dnešního terénu. Jeho delší osa orientovaná ve směru SZ–JV měřila 802 cm, maximální šíře 320 cm dosahoval objekt v jihovýchodní části. V hloubce 78–90 cm pod dnešním terénem se nacházelo schodkovité odsazení široké 22 cm, které se při severovýchodní straně objektu vytrácelo. Od tohoto odsazení spadaly stěny kolmo dolů k rovnému dnu oválné prohlubně v hloubce 117 cm, jejíž osy měřily 170 × 105 cm. Kruhovitá severozápadní část objektu se jedním směrem zužovala v příškrceň 165 cm široké, od kterého se objekt rozšiřoval ve střední oválnou část dlouhou 253 cm a širokou 227 cm. Na jejím jižním konci byla umístěna kamenná pec o rozměrech 100 × 100 cm, z níž se dochovaly stěny podkovoitého tvaru asi 20 cm široké. Na obvodu této části objektu, v hloubce 60 cm pod dnešní úrovní, byly zjištěny dvě protilehlé kry mazanice. Mísovitě zahlubené dno se zde nacházelo v hloubce 82–94 cm. Jižní část objektu měla nepravidelně oválný tvar a byla 337 cm dlouhá a 320 cm široká, její dno bylo 85–93 cm pod dnešní úrovní terénu. Přibližně v jejím středu bylo seskupení vápencových kamenů o průměru 60 cm. V jižním rohu se nacházela další skupina kamenů, která byla 34 cm dlouhá a 25 cm široká. Při severní stěně objektu byla zachycena kúlová jáma o průměru 31 cm s rovným dnem v hloubce 105 cm (*Hrubý – Marešová 1976, 28*).

Objekt 63 obsahoval 2515 keramických fragmentů (o váze 62,1 kg), z toho 80 fragmentů den a 144 fragmentů den s nezdobenou výdutí (zbytek fragmentů byl zařazen do dalších kategorií – 247 ks okrajů, 125 ks okrajů se zdobenou výdutí, 728 ks zdobených výdutí, 1170 ks nezdobených výdutí a 11 ks fragmentů hrdel). Nalezena byla také jedna kompletní nádoba (*obr. 6*). V rámci podsouboru den bylo 19 jedinců neznačených (včetně dna celé nádoby), 4 dna byla značena značkami plastickými.¹² V objektu se také nacházelo 6 prokazatelných technických značek v podobě kruhového otisku osy¹³ a jedno dno nesoucí s největší pravděpodobností otisk pohyblivé osy kruhu ve tvaru čtverce.¹⁴ U třinácti den nebylo možno rozhodnout, obsahovala-li otisk značky nebo byla opatřena jinými neintencionálními otisky.¹⁵

4. Metodika

4.1. Metodika trojrozměrné dokumentace a komparace

Teprve v nedávné době započal intenzivní rozvoj metod pokročilé trojrozměrné dokumentace archeologických artefaktů. Postupné zdokonalení snímacích zařízení a možností následného zpracování dat dnes umožňuje rekonstruovat trojrozměrný prostorový záznam s téměř absolutní přesností (*Rüther et al. 2009*). Navíc bylo možno trojrozměrnou dokumentaci rozměrnějších artefaktů či celých náleзовých situací (*Gruen et al. 2009; Guidi et al.*

¹² I. č. SM 10012, SM 10013, SM 10560, SM 10581.

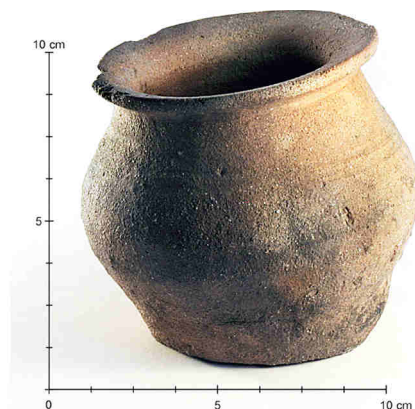
¹³ I. č. SM 10014, SM 10015, SM 10017, SM 10018, SM 10239, SM 10577.

¹⁴ I. č. SM 10016.

¹⁵ Mimo fotogrammetrií zpracované jedince s výraznějšími otisky (i. č. SM 10199, SM 10238, SM 10243, SM 10248, SM 10582) byly do podsouboru zařazeny i fragmenty s nepříliš výraznými otisky (i. č. SM 9950, SM 9983, SM 10024, SM 10020, SM 10216, SM 10572, SM 10573, SM 13455).

Obr. 6. Kompletní nádobka nalezená v obj. 63, i. č. SM 16557. Foto: S. Doleželová.

Fig. 6. Intact vessel found in feature 63, inv. No. SM 16557.



2009) postupně rozšířit o detailní dokumentaci drobnějšího materiálu (*Zvietcovich et al. 2016*). Nicméně i přes fakt, že trojrozměrné skenování a fotogrammetrie nabídlly možnosti nových přístupů ve zkoumání archeologického materiálu, jejich aplikace v archeologii je stále spíše poplatná sbírkotvorným aktivitám archeologů, resp. virtualizaci sbírkových fondů (virtuální dokumentace, digitální archivace a prezentace v kyberprostoru či prostřednictvím rozšířené reality). Potenciál vědeckého rozboru trojrozměrně dokumentovaných artefaktů se dosud omezoval spíše na tvarovou a typologickou analýzu (příkladem *Karasik – Smilansky 2008*).¹⁶

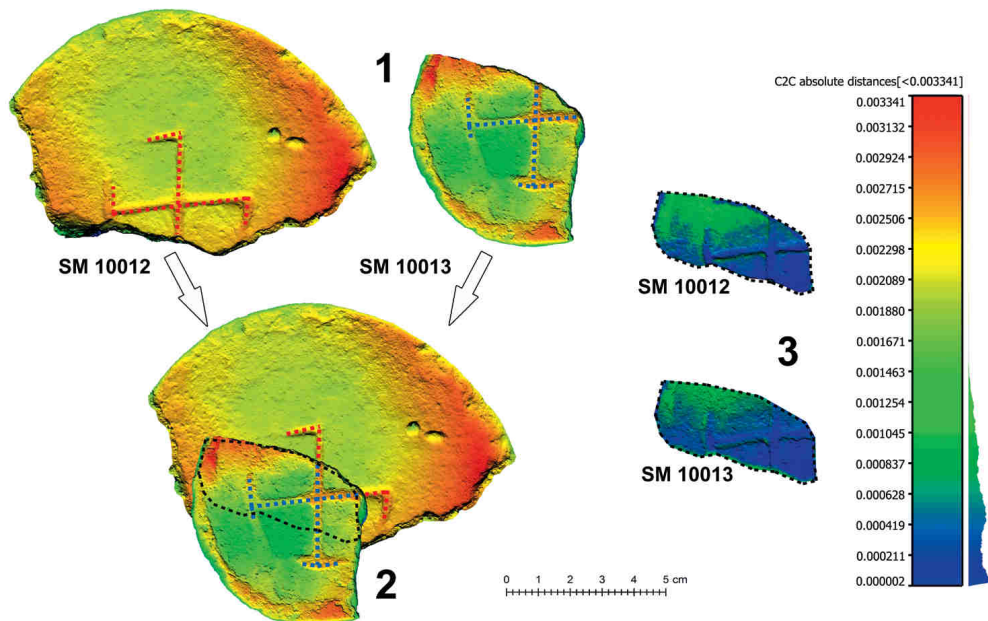
V případě analýzy souboru den nádob ze Starého Města „U Víta“ byl potenciál metody využit komplexněji. Přispěla k tomu především aplikace trojrozměrné fotogrammetrie, která se při zkušebním porovnávání s výstupy z klasického 3D skeneru ukázala nejen jako podrobnější a přesnější, ale i jako časově méně náročná a finančně dostupnější.¹⁷ Jedná se také o metodu, jež byla při dokumentaci archeologických artefaktů v minulosti již úspěšně využita (např. *Verhoeven et al. 2015*).

Pomocí fotogrammetrie byly dokumentovány všechny fragmenty den z objektů 60 a 63, které disponovaly jakýmkoliv otiskem (značka plastická, značka technická a další neintencionální otisky, především pak struktura dřeva). Při pořizování fotografických snímků¹⁸ byla předem definována zájmová oblast rekonstrukce artefaktu, jíž byla pouze vnější část dna nádoby, aby byl proces pořizování a vyhodnocování snímků maximálně zefektivněn. Zájmová oblast každého artefaktu byla dokumentována prostřednictvím 20 až 30 snímků

¹⁶ Obdobným způsobem byly směřovány i ojedinělé pokusy v analýze den se značkami (*Pták 2012, 153*).

¹⁷ V úvodním porovnání trojrozměrných dokumetačních metod byl hodnocen 3D skener EOSScan Mephisto a fotogrammetrický software Agisoft Photoscan. Oběma nástroji bylo digitálně rekonstruováno několik fragmentů den nádob se značkou. Hlavními hodnotícími kritérii byl čas vynaložený na digitalizaci a také přesnost (podrobnost) výsledného modelu. Z hlediska obou hodnotících kritérií se ukázala jako výhodnější trojrozměrná fotogrammetrie, jež vynikala především v přesnosti a podrobnosti trojrozměrného záznamu (čitelnost zaznamenaných detailů se pohybovala až v submilimetrové přesnosti). Nespornou výhodou fotogrammetrie je i snazší dostupnost metody a její pořizovací náklady.

¹⁸ K pořizení snímků byla užita na stativu umístěná digitální zrcadlovka Nikon D5100 (rozlišení 16,2 Mpx) s objektivem Nikkor 60mm f/2.8 G ED AF-S Micro (expozice 3s, clona f40, ISO 100). Standardem při snímání bylo difúzní osvětlení při stálé pozici artefaktu na fotografickém stolku s kontrastním pozadím.



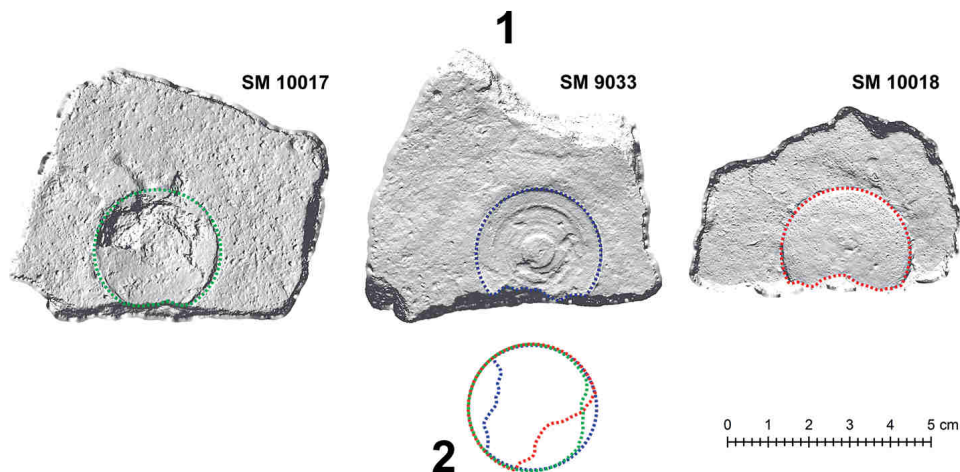
Obr. 7. Schéma virtuální komparace značených den: 1 – orientační vektorové definice otisků na modelech den nádob; 2 – sjednocení orientace den a definice polygonu překrývajících se částí fragmentů (černá přerušovaná linie); 3 – rasterový výstup z porovnání obou překrývajících se částí prezentující vzájemné shody (modře) a rozdíly (žlutozeleně).

Fig. 7. Scheme of virtual comparison of marked bottoms: 1 – approximate vector definition of imprints on models of the bottoms of vessels; 2 – unification of the orientation of bottoms and definition of the polygon overlapping parts of the fragments (black dashed line); 3 – raster representation from a comparison of both overlapping parts indicating congruity (blue) and differences (yellowish-green).

z celkem tří stanovišť. Přesný počet snímků se odvíjel od velikosti a komplexity dokumentovaného fragmentu.

Pořízené snímky byly v software Agisoft Photoscan opatřeny ořezovou maskou odstraňující pozadí a následně byla v nejvyšší dostupné kvalitě rekonstruována polygonální síť o velikosti 1 200 000 polygonů, jež byla po editačních krocích decimována na 800 000 polygonů. Referencovaný 3D model byl poté orientován na osách X, Y, Z a v programu Rhinoceros byla polygonová síť opravena a zbavena interních chyb a virtuálních anomálií. Takto upravené modely byly dále analyzovány prostřednictvím software Cloud Compare. Využitím několika vizualizačních nástrojů, jako například zobrazení gradientu na základě euklidovských vzdáleností ve skalárním poli, v kombinaci s přeložením grafického vyjádření výškových rozdílů na povrchu modelu, bylo dosaženo efektu, který plně odhalil veškeré anomálie na povrchu fragmentu dna a zároveň přesně vyznačil všechny části hledaného otisku, včetně partií, jež byly makroskopickým pozorováním i kresebnou dokumentací jen obtížně zachytitelné.

Z takto vytvořených modelů den nádob byl následně extrahován základní vektorový tvar, který posloužil pro základní komparaci značek. Pomocí něj byly identifikovány předběžné shody mezi jedinci (obr. 7: 1). Předběžná shoda byla podmíněna alespoň částečným překry-



Obr. 8. Vektorové definice vnějších tvarů technických značek: 1 – definice vektorových tvarů na základě trojrozměrných modelů den; 2 – vzájemné překrytí všech vektorů.

Fig. 8. Vector definition of the exterior shapes of technical marks: 1 – definition of vector shapes based on three dimensional models of bottoms; 2 – overlapping of all vectors.

vem mezi definovanými vektory a předurčila porovnávaný pár k podrobnější analýze, která proběhla v softwaru Cloud Compare. Vzhledem k dostupným možnostem softwaru bylo možno zároveň porovnat vždy jen dva jedince. Polygonové sítě vyhodnocovaných fragmentů byly ve virtuálním prostředí vizualizovány prostřednictvím rastrového znázornění digitálního modelu reliéfu a pomocí vektorových definic byla sjednocena jejich přibližná orientace v prostoru (obr. 7: 2). Nebyla-li vzájemná orientace zřejmá, byly analyzovány různé možnosti orientace artefaktů, dokud nebyla nalezena jejich správná vzájemná poloha, případně dokud nebyla předpokládaná identičnost otisků na fragmentech falzifikována nemožností fragmenty správně zorientovat. V případech, kde to bylo možné (typicky u složitějších otisků), bylo překrytí potenciálně shodných modelů ještě upřesněno sjednocením na základě shodných referenčních bodů.

Takto zorientované modely byly v dalším kroku převedeny do mračen bodů, jež mezi sebou byly softwarově srovnány funkcí cloud-to-cloud distance. Jako referenční mračno bodů bylo vždy voleno to, které pocházelo z původně většího modelu, menší mračno tedy bylo vždy přirovnáváno k většímu. Funkce cloud-to-cloud distance porovnávala poměry vzdáleností nejbližších bodů (nearest neighbors) obou mračen, jež byla přeložena přes sebe (obr. 7: 3). Pro odstranění možných chyb, např. v důsledku různé hustoty bodů v mračnu, či chybně vypočtených vzdáleností z původních dat na povrchu modelu, byl využit Hausdorffův distanční algoritmus. Ten je schopný tyto extrémní anomálie eliminovat (viz také Girardeau-Montaut et al. 2005; Sánchez-Aparicio et al. 2016).

Výše popsaná metoda byla beze zbytku aplikována na otisky značek plastických (s reliéfními symboly) a dna s neintencionálními otisky (otisk struktury dřeva). Poslední krok komparace (porovnávání mračen bodů) se však již v průběhu zpracování ukázal jako problematický u technických značek, a to především vzhledem k jednomu z jejich kvalitativních specifik. Při porovnávání totiž bylo zjištěno, že míra proniknutí stejné osy do různých

den nádob se může významnou měrou lišit (viz také *obr. 21*). Srovnání prostřednictvím mračen bodů se tedy v těchto případech ukázalo jako nadbytečné. Metoda identifikace shod mezi otisky os hrnčířských kruhů (technických značek) tak vycházela primárně z komparace přesných vektorových definic jejich vnějších obrysů (*obr. 8*). Pro odlišení různých otisků osy se tento postup ukázal jako zcela dostačující.

4.2. Metoda rentgen-fluorescenční spektrometrie

Součástí průzkumu materiálových specifik produkce hrnčířských dílen „U Víta“ byl podrobnější rozbor materiálového složení den nádob a porovnání výsledků s hodnotami u typických zástupců lokální produkce. Analýza se také pokusila vyloučit možnost, byť hypotetickou¹⁹, přítomnosti značených den jiné než lokální provenience. Dle základního makroskopického vyhodnocení²⁰ sice charakteristiky souboru nevykazovaly odlišnosti oproti materiálu ze zbytku polohy „U Víta“²¹, výsledky tohoto vyhodnocení však byly pomocí rozboru materiálového složení nezávisle validovány. Vzhledem k nemožnosti analyzovat fragmenty se značkami běžnějšími destruktivními metodami (otisk na dně by při analýze mohl zaniknout nebo být poškozen) se v tomto ohledu jevila jako ideální aplikace některé z nedestruktivních analytických metod. Jednou z nich je i relativně dobře dostupná metoda rozboru prvkového složení pomocí rentgen-fluorescenční spektrometrie. Možnosti aplikace XRF analýz keramických souborů jsou v odborné literatuře průběžně hodnoceny (*Forster et al. 2011; Liritzis – Zacharias 2011; Goodale et al. 2012; Frahm 2013; Speakman – Shackley 2013; Hunt – Speakman 2015*), přičemž již bylo potvrzeno, že analýzou referenčních materiálů se srovnatelnou maticí je možno korigovat hodnoty značné části chemických prvků způsobem, který přináší výsledky srovnatelné s již zavedenými analytickými metodami (*Speakman et al. 2011; Mitchel et al. 2012; Petřík et al. v tisku*).

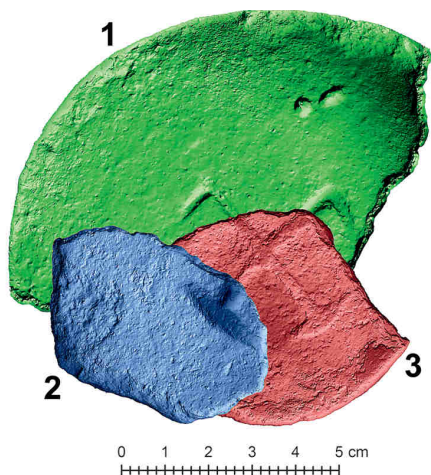
V případě den nádob ze Starého Města „U Víta“ byla rentgen-fluorescenční analýza očištěných vzorků provedena ručním spektrometrem Innov-X Delta s 4W Rh anodou a 25mm² silikonovým drift detektorem. Přístroj byl nastaven na měřicí čas 3 × 60 vteřin v módu „lehká matrice“. Hypotetický rušivý vliv případné nehomogenity keramické hmoty byl snižen třikrát opakovaným měřením různých částí každého fragmentu, přičemž z každé trojice měření byly extrahovány mediánové hodnoty zastoupení jednotlivých prvků. Ty byly prostřednictvím metody lineární regrese následně kalibrovány podle vybraných mezinárodních standardů.²² Obdobným způsobem byl zpracován i referenční keramický soubor celkem 30 charakteristicky zdobených výdutí z obj. 60 a 63. Ten měl reprezentovat typickou produkci obou dílen. Do vyhodnocení byly zahrnuty i podsoubory 30 náhodně vybraných

¹⁹ Obecně se nezdá příliš pravděpodobné, že by se pracoviště, která realizují vlastní keramickou produkci, zásobovala také keramikou z dílen jiných, i kdyby se takové dílny v jejich blízkosti nacházely.

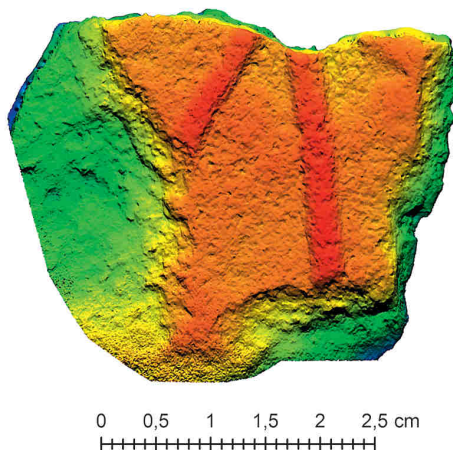
²⁰ Pro základní makroskopickou charakteristiku keramického materiálu ze Starého Města „U Víta“ viz nepublikované vyhodnocení *L. Valáškové (2005, 70–71)*.

²¹ Všechny fragmenty bylo možno makroskopicky zařadit do skupiny 1 dle kategorizace *L. Valáškové (2010, 25–26)*.

²² Standardy National Institute of Standards and Technology (NIST 679, NIST 2702), standardy ÚNS Kutná Hora (Diatomaceous soil KB, Kaolin KK), doplněny o standardy National Research Center for Certified Reference Materials, China (GBW03101a, GBW03102a, GBW03103a). Kalibrovány byly prvky Ca, Cr, Cu, Fe, K, Mn, Ni, Pb, Rb, Sr, Th, Ti, Y, Zn, Zr. Podrobněji k metodologii kalibrací viz *Petřík et al. v tisku*.



Obr. 9. Překrývající se fragmenty den z obj. 63 nesoucí identickou plastickou značku: 1 – i. č. SM 10012; 2 – i. č. SM 10560; 3 – i. č. SM 10013.
Fig. 9. Overlapping fragments of bottoms from features 63 bearing an identical relief mark: 1 – inv. No. SM 10012; 2 – inv. No. SM 10560; 3 – inv. No. SM 10013.



Obr. 10. Fragment plastické značky s paprsky z obj. 63, i. č. SM 10581.
Fig. 10. Fragment of relief mark with rays from feature 63, inv. No. SM 10581.

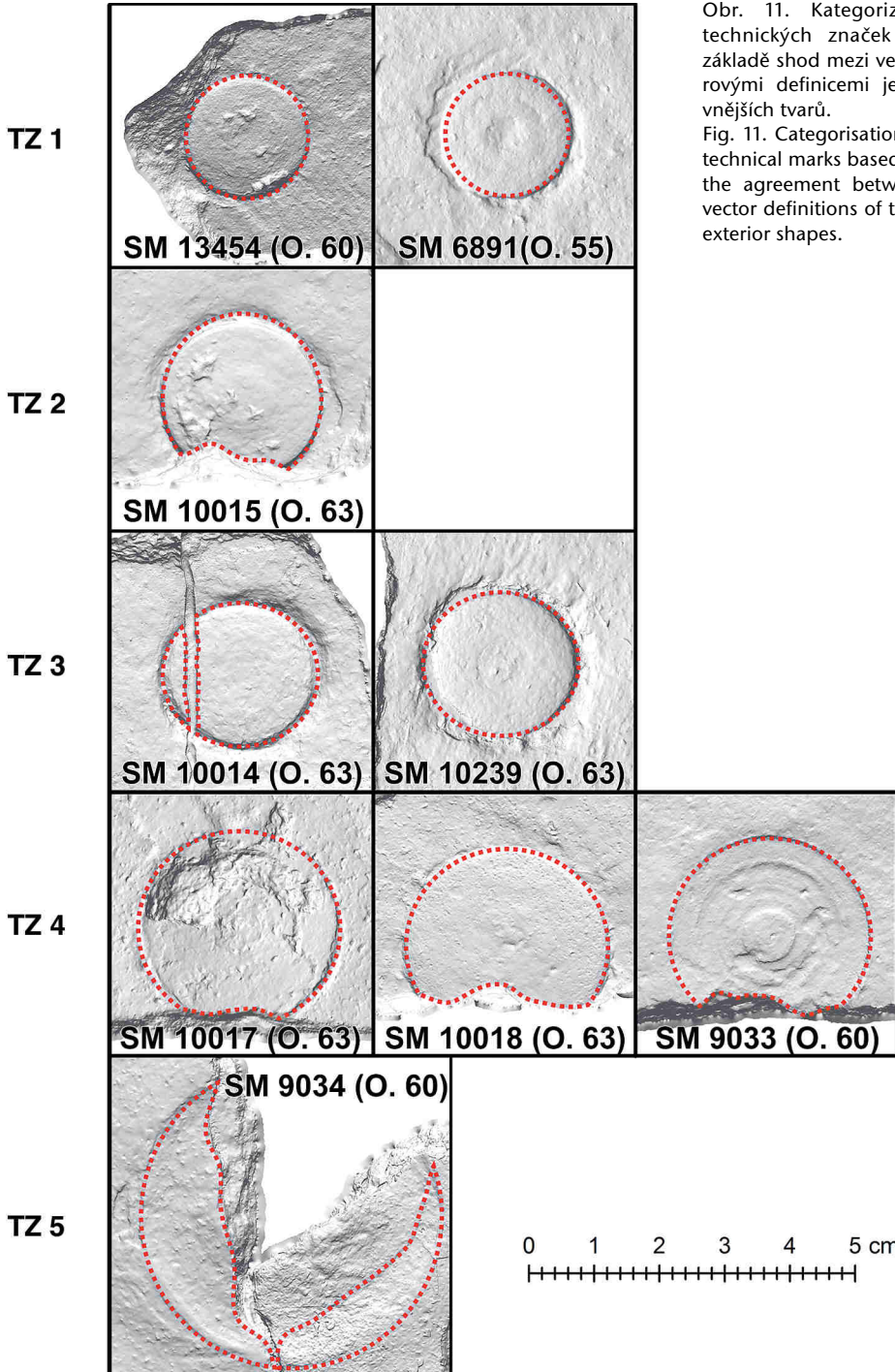
zdobených výdutí z hradiska v Mikulčicích a 15 náhodně vybraných fragmentů ze severovýchodního předhradí Pohanska u Břeclavi. Tyto podsoubory reprezentovaly potenciálně kontrastní referenční skupiny. Jejich užití mělo usnadnit identifikaci případných specifik v chemickém složení keramiky z polohy „U Víta“, jež by ji od produkce jiných (nelokálních) dílen odlišovala. Jako nejkontrastnější skupina se předpokládal referenční soubor z Pohanska.²³

5. Výsledky

5.1. Komparace fotogrammetricky dokumentovaných den nádob

Fotogrammetrická komparace souboru den s plastickými značkami jasně prokázala shodu mezi třemi jedinci z obj. 63. Značka v podobě kříže se zahnutým zakončením ramen (svastikovitý tvar) se vyskytovala na dvou větších fragmentech (obr. 9: 1, 3) a jednom fragmentu menších rozměrů, na němž se zachovalo pouze jedno z ramen kříže (obr. 9: 2). Každý z jedinců se alespoň z části překrýval s ostatními dvěma, jednalo se tudíž o původně tři samostatná dna (vyloučena byla slepitelnost fragmentů). Jejich vzájemné překrytí pak

²³ Velkomoravské centrum na Pohansku u Břeclavi se rozkládá v povodí řeky Dyje, jejíž tok prochází granodiority Českého masivu, zatímco tok řeky Moravy, v jejímž povodí se nachází mikulčické hradiště i staroměstská aglomerace, prochází krystalinikem Silesika a flyšovým pásmem Západních Karpat (Cháb – Stránilík – Eliáš 2007). V chemickém složení hlíny, z níž byla hotovena keramika na Pohansku, se tedy v porovnání se staroměstskou keramikou předpokládal výraznější rozdíl než mezi staroměstským a mikulčickým keramickým souborem. Výraznější rozdíly se očekávaly především v zastoupení vzácných a stopových prvků.

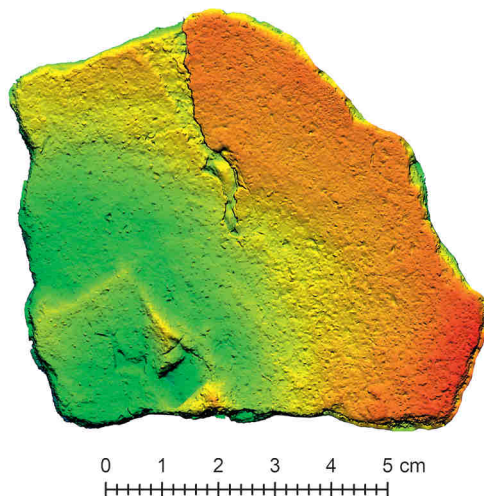


Obr. 11. Kategorizace technických značek na základě shod mezi vektorovými definicemi jejich vnějších tvarů.

Fig. 11. Categorisation of technical marks based on the agreement between vector definitions of their exterior shapes.

Obr. 12. Technická značka v podobě čtverce ukazující na užití kruhu s pohyblivou osou, i. č. SM 10016.

Fig. 12. Technical marks in the form of a square indicating the use of a wheel with a non-stationary axis, inv. No. SM 10016.



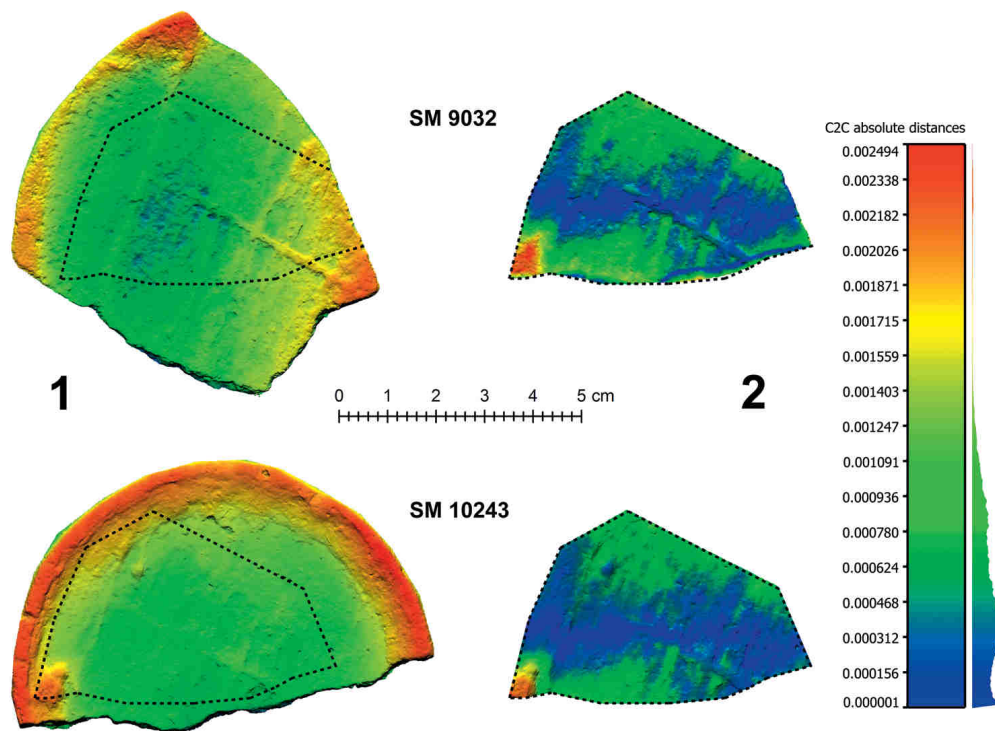
napomohlo rekonstruovat celkový tvar značky. V obj. 63 byl zároveň nalezen minimálně jeden další fragment, jenž nesl prokazatelně otisk odlišné plastické značky. Na zmíněném kusu se dochovala část tří ramen původně paprscité značky (*obr. 10*).

Shodnou analýzu podstoupil také podsoubor 9 technických značek z obou objektů, z nichž 8 jedinců bylo možno navzájem porovnat. Rozpoznáno bylo celkem 5 unikátních os kruhu označených jako TZ 1 až TZ 5 (*obr. 11*). Jejich otisky se na dnech nádob zachovaly v podobě vtlačených kroužků. Při definování jednotlivých kategorií kruhových technických značek byla vzata v potaz i možnost potenciálního smrštění otisku při jeho výpalu. Mechanizmus smršťování otisků na dnech nádob experimentálně ověřoval *M. Pták* (2012, 162–163), který dospěl k závěru, že oproti vlhké matrici se otisk smršťuje o 4 až 8%. Hypotetický rozdíl mezi rozměry identických značek by se tak měl pohybovat od 0 do 4 %, což se pro vyčleněné kategorie ukázalo jako zcela zanedbatelná odchylka.²⁴ Výjimkou jsou rozměrově velmi podobné otisky kategorie TZ 2 a TZ 3, pro jejichž rozlišení byl rozhodujícím faktorem vnější tvar otisků. Tvar značky TZ 3 byl na jedné ose o 0,3 cm kratší, a měl tudíž oproti TZ 2 podstatně více elipsovitého tvaru.

Objekt 60 obsahoval materiál s otisky tří různých os hrncířského kruhu (po jednom jedinci ze skupin TZ 1, TZ 4, TZ 5), přičemž osa TZ 4 měla zástupce jak v obj. 60, tak v obj. 63. Dva další typy otisků (TZ 1 a TZ 5) byly naopak pro obj. 60 unikátní. V kontextu obj. 60 byla také jednoznačně rozpoznána tzv. dynamická technická značka, tzn. značka se stopami rotace osy kruhu. Náležela ke skupině TZ 4 (viz také *obr. 21: 2*).

Sousední obj. 63 obsahoval celkem pět den s otisky tří různých kruhových os (TZ 2 – jeden jedinec, TZ 3 – dva jedinci, TZ 4 – dva jedinci). Tuto kolekci doplnil i poměrně vzácný fragment tzv. statické technické značky ve tvaru čtverce (*obr. 12*), ten naznačuje paralelní existenci kruhu s pohyblivou (čtvercovou) osou.

²⁴ Nejmenší technická značka z polohy „U Víta“ (TZ 1) měří na delší ose v průměru 1,8 cm, teoretická odchylka zde tedy může v extrémním případě být až 1,5 mm. K ní rozměrově nejpodobnější skupina má na delší ose průměr 2,4 cm, což je o 6 mm více.



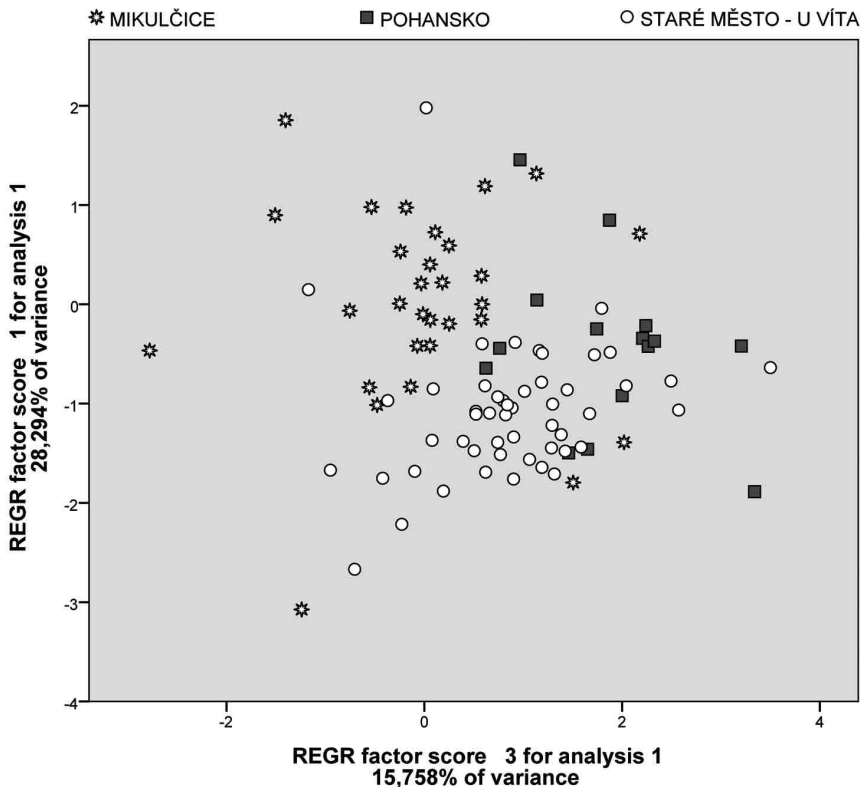
Obr. 13. Virtuální komparace den s otisky dřevěného reliéfu. 1 – definice polygonu potenciálně se překrývajících částí fragmentů (černá přerušovaná linie); 2 – rastrový výstup z komparace obou částí fragmentů prezentujících vzájemné shody (modře) a rozdíly (červeně).

Fig. 13. Virtual comparison of bottoms with imprints of a wood relief. 1 – definition of polygon potentially overlapping parts of fragments (black dashed line); 2 – raster representation from a comparison of both overlapping parts indicating congruity (blue) and differences (red).

Dokumentační přesnost fotogrammetrické metody umožnila srovnat také modely s dalšími neintencionálními otisky na dnech nádob, v případě uvedeného souboru to byly otisky struktury dřeva, jež byly v několika případech zachyceny v obou pojednávaných objektech. U dvou z těchto otisků bylo možno potvrdit shodu (jeden otisk pocházel z obj. 60, druhý z obj. 63). Nádob, jež otisky nesly, byly tedy vyhotoveny na identickém hrnčířském kruhu, případně na jeho identickém disku (*obr. 13*).

5.2. Výsledky prvkového rozboru za pomoci rentgen-fluorescenční spektrometrie

Soubor analyzované keramiky ze staroměstské polohy „U Víta“ vykázal specifika prvkového složení nejen v kontrastu s materiálem z Pohanska u Břeclavi, ale oproti očekávání se vyznačil i vůči referenční skupině z hradiska v Mikulčicích, jež je od staroměstské aglomerace vzdáleno ne více než 50 km po proudu řeky Moravy. Rozdíly v prvkovém složení mezi produkcí dílen z polohy „U Víta“ a dvěma dalšími referenčními skupinami byly patrné už z výsledků analýzy hlavních komponent (*obr. 14*), která měla napomoci rozpoznat prvky signifikantní pro staroměstskou provenienci. Při vynesení hodnot zastoupení takto



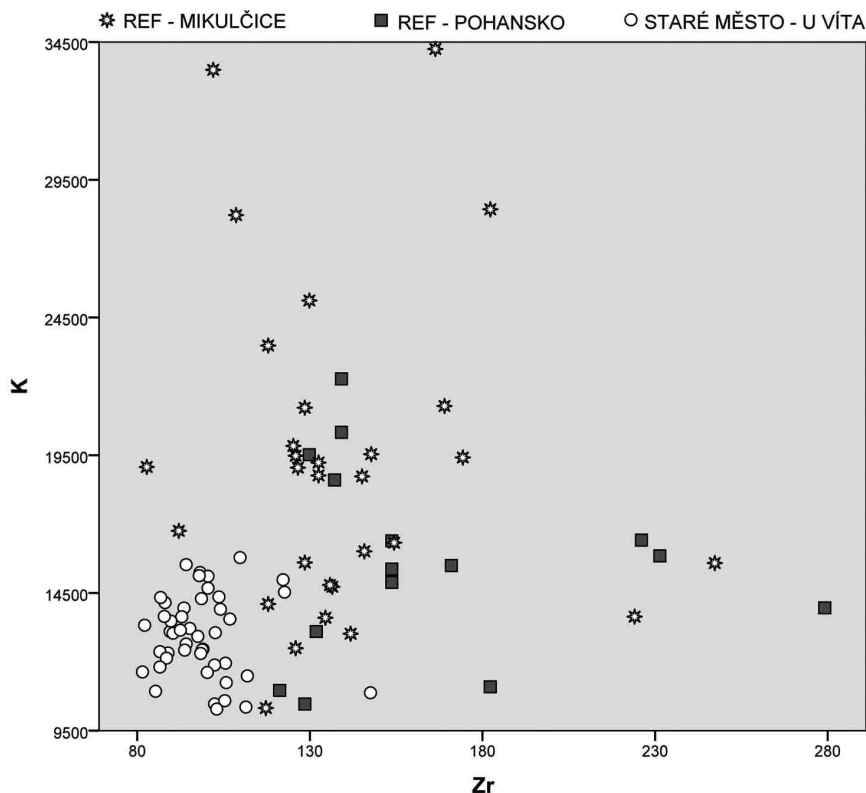
Obr. 14. Grafický výstup analýzy hlavních komponent se zahrnutými prvky Cr, Cu, K, Mn, Rb, Ti, Y, Zn a Zr. Binární diagram faktorových skóre měřených fragmentů pro faktor 1 a faktor 3.

Fig. 14. Graphic representation of analyses of the main components with elements Cr, Cu, K, Mn, Rb, Ti, Y, Zn and Zr. Binary diagram of factor scores of measured fragments for factors 1 and 3.

vytipovaných prvků do binárních diagramů se dílny „U Víta“ kontrastně projeví především prostřednictvím prvků K, Rb a Zr (*obr. 15, 16*). Metodou rentgen-fluorescenční spektrometrie se tedy podařilo prokázat, že veškerá analyzovaná keramika z polohy „U Víta“ je staroměstské provenience, a jedná se tedy o produkci lokálních dílen.

6. Diskuse

Výsledky získané za pomoci rentgen-fluorescenční spektrometrie, jež detekovala kontrasty mezi všemi třemi zahrnutými referenčními skupinami (Pohansko u Břeclavi, Mikulčice, Staré Město), do určité míry přesáhly cíle, jež si vytyčila tato studie, a zasloužily by si samostatné podrobnější vyhodnocení. Ve shodě s původními cíli však byla tímto nástrojem validována taktéž makroskopicky zjištěná materiálová shoda mezi staroměstskou referenční skupinou a fotogrammetricky analyzovanými dny nádob, žádné z měřených den se oproti referenčnímu souboru svým prvkovým složením neprojevilo anomálně (*obr. 17, 18*).



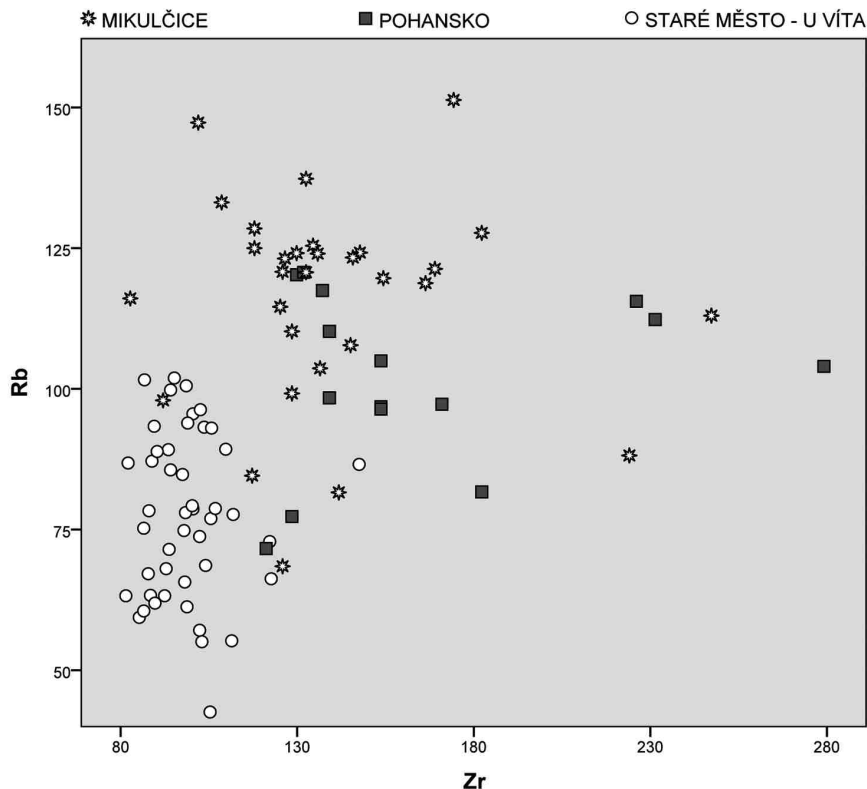
Obr. 15. Binární diagram zastoupení prvků Zr a K v měřených fragmentech.

Fig. 15. Binary diagram of the representation of elements Zr and K in measured fragments.

Mimo materiálovou homogenitu je dalším z určujících rysů dílen ve Starém Městě „U Víta“ poměrně vysoká koncentrace plastických značek včetně identických jedinců, jež se podařilo doložit především v obj. 63. Srovnáme-li fond z pojednávaných dílen „U Víta“ s kompletně zpracovaným fondem plastických značek z velkomoravského centra na Pohansku u Břeclavi (Hlavica 2015, tab. 4), dojdeme k závěru, že zastoupení více identických plastických značek v kontextu jednoho sídlištního objektu je na Pohansku spíše výjimkou. V případě Pohanska se sice více plastických značek v jednom objektu podařilo nalézt v celkem pěti případech, pouze v jediném z nich se však jednalo o značky identické. Ty byly vyzdvíženy v počtu pouhých dvou kusů na žárovém pohřebišti z obj. 36.

Za pozornost stojí i skutečnost, že trojice identických plastických značek z obj. 63 (obr. 9) v poloze „U Víta“ ve Starém Městě byla doplněna minimálně jednou další značkou, jež se svým motivem lišila (viz obr. 10). Je tedy možné, že tato dílna se ve své výrobě neomezovala jen na jeden užívaný symbol. Pokud se nejednalo o intruzi ze sousední dílny v obj. 60, což nelze zcela vyloučit²⁵, nebyl by tento objev žádným velkým překvapením.

²⁵ Otázka promísení materiálu z obou objektů je podrobněji diskutována dále.



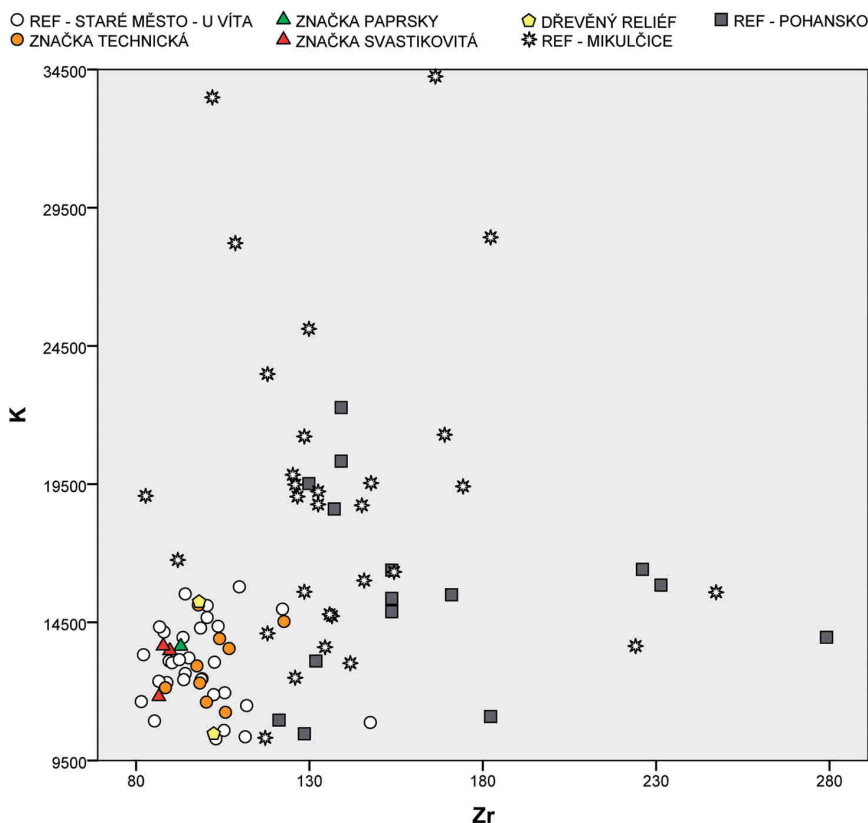
Obr. 16. Binární diagram zastoupení prvků Zr a Rb v měřených fragmentech.

Fig. 16. Binary diagram of the representation of elements Zr and Rb in measured fragments.

Fakt, že jeden hrnčírů užíval různé symboly plastických značek, naznačuje i materiál z jednotlivých velkomoravských vypalovacích zařízení v Nitře-Lupce (viz *Vlkolinská 2012*), v nichž se fragmenty s neidentickými otisky plastických značek objevovaly víceméně běžně. Připomenout lze také (byť časově i geograficky o něco vzdálenější) nález hrnčírského pracoviště z Biskupinu, kde se dna s nestejnými plastickými značkami podařilo také rozpoznat (*Kołos-Szafrańska 1961*, 171). Dalšími doklady podporujícími hypotézu o užívání více symbolů jedním výrobcem jsou i nálezy den s přetištěnými značkami. Znamé případy shrnuje například *L. Varadzin (2005, 168)*.

Důkazy o užívání nestejných plastických značek mohou bezesporu přispět do diskuze nad účelem značení, především k falzifikaci některých hypotéz o jeho ekonomickém významu (identifikační úloha značek), zároveň však naznačují cosi i o organizaci hrnčírské výroby uvnitř samotných hrnčírských dílen. Aby totiž bylo možno užívat několika motivů značek zároveň, je třeba disponovat nestejnými matricemi s negativy značek, ať již v podobě samostatných značených kruhů, či z kruhu volně odnímatelných značených disků.²⁶

²⁶ Pro fakt, že hrnčírů užívali odnímatelné disky kruhu, existuje několik podpůrných etnografických pozorování



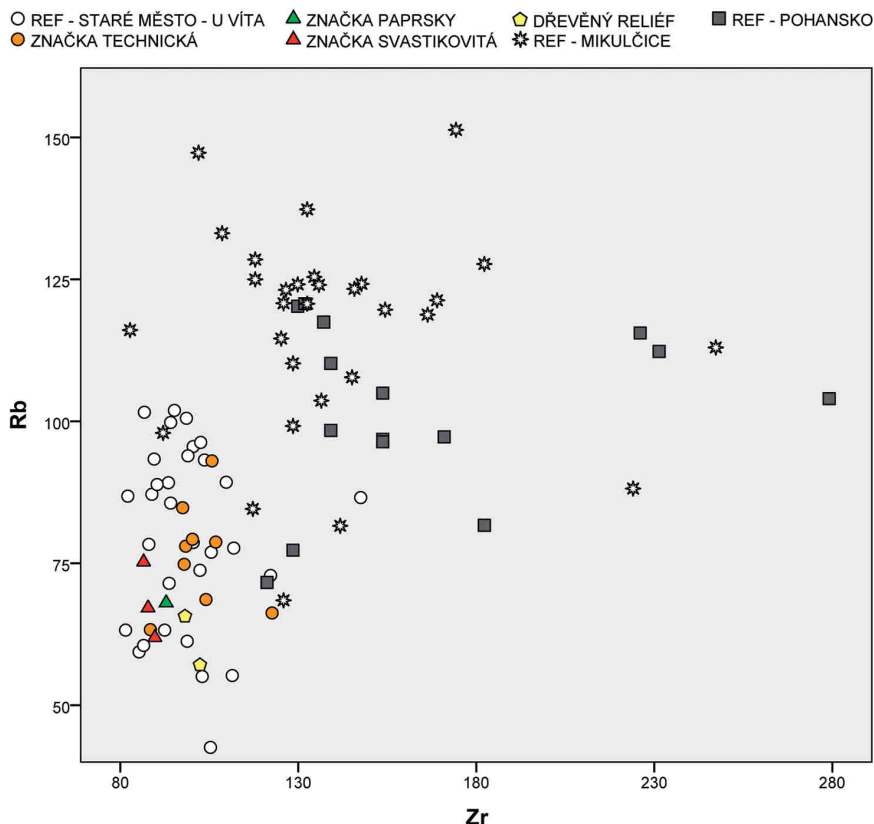
Obr. 17. Binární diagram zastoupení prvků Zr a K v měřených fragmentech se zvýrazněnými dny se značkami a otisky na dnech.

Fig. 17. Binary diagram of the representation of elements Zr and K in measured fragments with highlighted bottoms with marks and imprints.

Teoreticky je sice možná i chronologická následnost neidentických značek, nezdá se však příliš pravděpodobná. Dosud známá fakta totiž naznačují, že hrnčířské kruhy stejně jako matrice značek přežívaly velmi dlouhou dobu, přičemž nelze vyloučit ani životnost v řádu desítek let (viz *Lepówna 1959; Hlavica 2015*, 63–66).

Paralelní existenci více hrnčířských kruhů v rámci řemeslnických dílen „U Víta“ dokládá i unikátní vyhodnocení technických značek z objektů 60 a 63. Pět definovaných kategorií (TZ 1 až TZ 5) ukazuje na výskyt pěti kruhů s kruhovou osou, z čehož se minimálně v jednom případě (TZ 4) prokazatelně jednalo o ruční kruh s nepohyblivou osou. V rámci skupiny TZ 4 byla totiž rozpoznána tzv. dynamická značka, tzn. značka prokazatelně nesoucí stopy rotace, jež je pro kruhy této konstrukce typická. Soubor pěti kruhových os je možno dále doplnit o kruh konstrukce s osou pohyblivou, jež je v materiálu reprezentován jedin-

(viz *Černohorský 1974*, pozn. 96 na str. 79). K Černohorského soupisu bychom mohli přidat i další doklad ze západní Francie (*Chevallier-Kervern 1935*, obr. na str. 123 a 129).

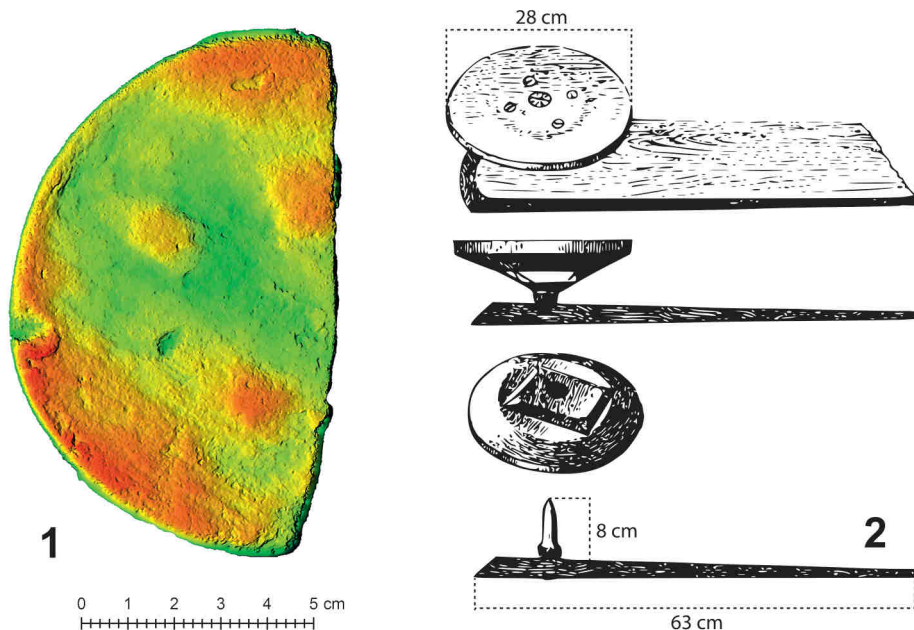


Obr. 18. Binární diagram zastoupení prvků Zr a Rb v měřených fragmentech se zvýrazněnými dny se značkami a otisky na dnech.

Fig. 18. Binary diagram of the representation of elements Zr and Rb in measured fragments with highlighted bottoms with marks and imprints.

cem se statickou technickou značkou v podobě čtverce. Do souboru je pak třeba zahrnout i fragment s otiskem disku se třemi (původně nejspíše čtyřmi) čepy (*obr. 19*), jenž nás po srovnání s etnografickými prameny (příkladem *Čurčič 1910*, *obr. 2*) odkazuje k primitivní konstrukci kruhu s nepohyblivou osou a odnímatelným diskem. Další odnímatelný disk či samostatný kruh reprezentuje i dvojice neznačených den, jejichž identičnost potvrdila komparace otisků dřevěného reliéfu. Spolu s dvěma plastickými značkami tak můžeme v obou dílnách s naprostou jistotou vyčlenit minimálně deset unikátních disků kruhu, jež byly na dnech nádob zachyceny v podobě jasně odlišitelných otisků. Tyto disky pak byly součástími minimálně šesti unikátních kruhů (reprezentovaných neidentickými otisky os).

Pozornost zasluhuje také společný výskyt značek skupiny TZ 4 a dvojice identických den s dřevěným reliéfem v obou analyzovaných objektech. Tato situace může být vysvětlena v zásadě dvěma způsoby. Méně pravděpodobná hypotéza uvažuje o přesunutí výrobního náčiní (kruhů či disků) mezi dílnami, jež byly prostřednictvím objektů reprezentovány, mnohem pravděpodobněji se však jeví pohyb keramiky, resp. keramického odpadu mezi



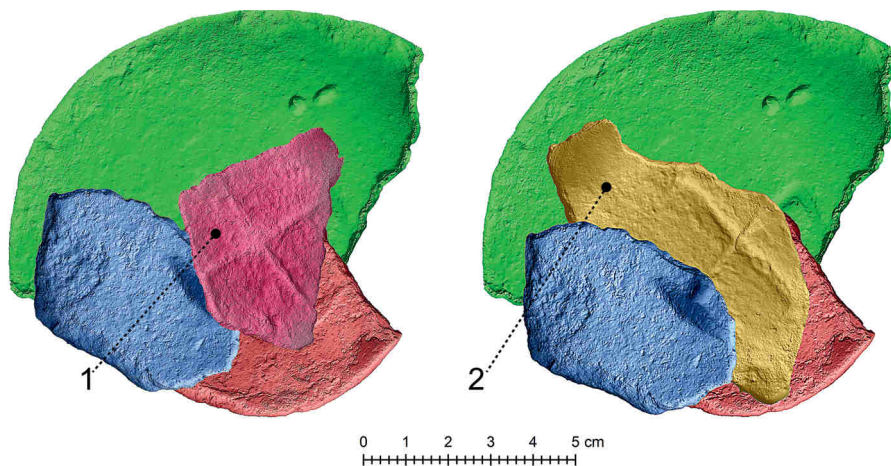
Obr. 19. 1 – Dno nádoby z obj. 63 s otiskem tří výstupků (čepů?) na disku kruhu (i. č. SM 9090); 2 – jednoduchý ruční kruh zachycený V. Čurčičem v bosenské Orubici (podle Čurčič 1910, upraveno).

Fig. 19. 1 – bottom of vessel from feature 63 with an imprint of three projections (pegs?) on the wheel disk (inv. No. SM 9090); 2 – a simple manual wheel recorded by V. Čurčič in Orubica, Bosnia (after Čurčič 1910, modified).

objekty. Objem keramiky nalezený v obou objektech naznačuje, že pokud k jeho přemísťování skutečně došlo, pravděpodobněji by se odehrávalo směrem z obj. 60 do obj. 63.²⁷ Za svého provozu průběžně vyklížená dílna v obj. 60 by tedy odpadem postupně zaplňovala již zaniklou dílnu v obj. 63. To by však mimo jiné znamenalo, že obj. 63 zanikl před či v průběhu existence dílny reprezentované obj. 60. Objektem, který plnil funkci odpadního objektu v době fungování obj. 63, mohl být sousední obj. 55 (viz obr. 2). Ten byl oproti zbytku okolních objektů taktéž enormně zaplněn keramikou (1937 fragmentů o váze 38,4 kg, viz také obr. 3) včetně tří den se značkami. Ve dvou případech se jednalo o kusy shodné s plastickými značkami z obj. 63 (obr. 20), v jednom případě o technickou značku identickou s otiskem v obj. 60 (viz TZ 1 na obr. 11).

Teoretickou časovou následnost obou výrobních objektů ilustruje též jeden z kvalitativních aspektů technických značek zařazených do kategorie TZ 4. Stopy rotace osy uvnitř jedné ze značek skupiny TZ 4 (obr. 21: 2) dokládají výrobu nádoby na primitivním ručním kruhu s nepohyblivou osou. V úvodní části bylo poznamenáno, že konstrukční slabinou těchto typů kruhu je mimo jiné i časté provrtání osy skrze dřevěný disk kruhu v průběhu jeho užívání. Tento jev je zcela unikátně dokumentován právě na otiscích skupiny TZ 4. Zatímco jeden otisk z obj. 63 reprezentuje osu, která se teprve začíná skrze disk provrtávat

²⁷ Objem exkavované keramiky v případě obj. 60 odpovídá 670 fragmentům keramiky, což je mnohem méně než v případě obj. 63, který disponoval 2515 fragmenty.

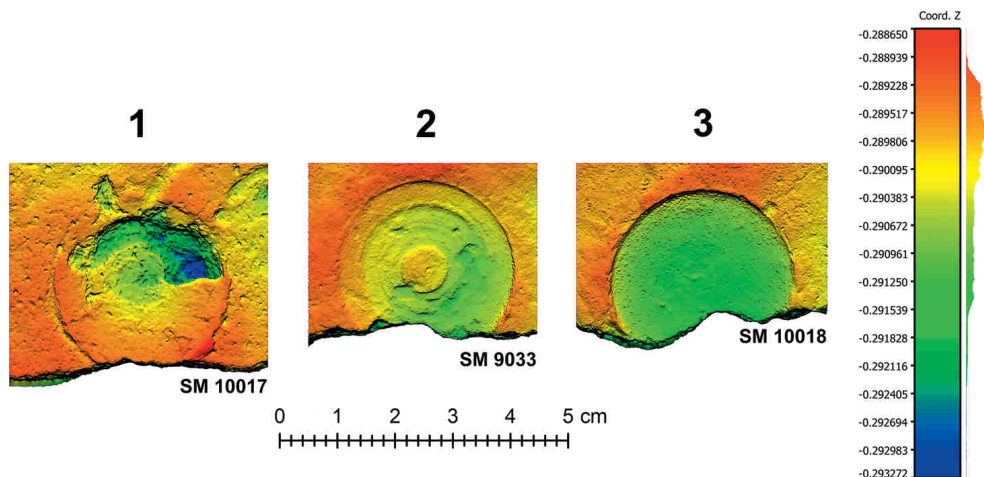


Obr. 20. Fragmentsy den z obj. 55 s otisky identickými s nálezy v obj. 63: 1 – i. č. SM 7849; 2 – i. č. SM 7850.
 Fig. 20. Fragments of bottoms from feature 55 with imprints identical to finds from feature 63: 1 – inv. No. SM 7849; 2 – inv. No. SM 7850.

(obr. 21: 1), osa na druhém fragmentu z obj. 60 (obr. 21: 2) je již zcela skrze disk provrtána a zasahuje hlouběji do dna nádoby. Nejhlouběji je provrtán fragment, jenž se opět nacházel v obj. 63, nebyl z něj tedy už do obj. 60 přemístěn (obr. 21: 3). Tento fragment je pozoruhodný i v tom ohledu, že ačkoliv oproti fragmentu z obj. 60 pronikl hlouběji do dna nádoby, nejsou na něm již viditelně zachyceny stopy rotace osy. Interpretace tohoto faktu se nevyhne jisté míře spekulace, mohli bychom nicméně uvažovat o seřezání příliš vyčnívající osy samotným hrnčářem, což by mimo jiné odstranilo i nepravidlosti, které v průběhu provrtávání skrze disk hrnčářského kruhu na ose vznikly.

S ohledem na výše popsanou chronologickou následnost obou objektů je možno také rámcově odhadnout počet kruhů současně působících v jednotlivých dílnách. Značky TZ 1, TZ 4 a TZ 5 a také disk s reliéfem dřevěné struktury bychom za předpokladu, že se přesun keramického materiálu z obj. 60 odehrával jen směrem do obj. 63, mohli s určitostí přiřadit k produkci obj. 60. Z toho by vyplývalo, že v dílně v obj. 60 pracovaly minimálně tři kruhy s kruhovou osou, v jednom případě zcela prokazatelně nepohyblivou, podložka charakteristická dřevěným reliéfem by pak reprezentovala odnímatelný disk některého z těchto kruhů, případně čtvrtý samostatný kruh.

O obj. 63 bychom mohli stejně tak prohlásit, že se zde vyskytovaly maximálně tři kruhy reprezentované osami skupin TZ 2, TZ 3 a čtvercovou technickou značkou. Dva disky s matricemi neidentických plastických značek a jeden disk s otiskem čepů mohly být odnímatelnými součástmi kruhů reprezentovaných technickými značkami, případně reprezentovat další samostatné kruhy. V rámci obj. 63 lze tedy uvažovat o maximální přítomnosti tří až šesti hrnčářských kruhů. Nelze však vyloučit možnost, že některý z fragmentů dna se značkou nalezený výhradně v obj. 63 vznikl v obj. 60 a byl z něj do obj. 63 přesunut, aniž by se v původním obj. 60 zachoval identický otisk. Proto oproti *minimálnímu* počtu (tří) kruhů v obj. 60 můžeme v případě obj. 63 hovořit jen o *maximálním* počtu (tří až šesti) hrnčářských kruhů.



Obr. 21. Otisky identické osy kruhu v různých dnech nádob reflektují postupné provrtávání osy skrz disk kruhu.

Fig. 21. Imprints of an identical wheel axis on various vessel bottoms indicate the gradual boring of the axis through the wheel disk.

Zkombinujeme-li nakonec kvalitativní charakteristiky obou dílen s poznatky získanými analýzou značených den a pokusíme se je zasadit je do kontextu diskuze nad úrovní organizace výroby v obou těchto dílnách, je možno z přítomnosti vypalovacích zařízení spolu s doklady paralelní existence několika hrnčířských kruhů usuzovat na dlouhodobou produkci v lokalitě (hrnčíři zde byli trvale usazení). Kontinuitu keramické výroby by pak dokládala i následnost obou dílen, v níž jedno pracoviště (obj. 60) pokračovalo v činnosti i po zániku pracoviště druhého (i když není vyloučeno, že po určitou dobu obě dílny fungovaly zároveň). Paralelní existence více kruhů také dokládá zapojení více řemeslníků (rodinných příslušníků hrnčíře?) do výroby. Nejspíše v souvislosti se snahou o její další zintenzivnění registrujeme v obj. 60 (oproti obj. 63) také inovaci v podobě přítomnosti menších tepelných zařízení. Jejich interpretace není bez dalších analogií úplně snadná, nabízí se nicméně úvaha, zdali se nejednalo o zařízení urychlující vysoušení vyhotovených nádob. Znaky nepřímě odkazující na zvýšenou intenzitu produkce, ať již v podobě zapojení více řemeslníků do výroby, či hypotetické přítomnosti vysoušecích pícek, by tak mohly ukazovat i na přetrvávající sezónní ráz keramické produkce (bylo třeba maximálně využít období roku, jež bylo vhodné k získání suroviny a produkci keramiky, k tomu např. *Hołubowicz 1965*, 135–136).

Pokud pracoviště na základě výše zmíněných poznatků kategorizujeme prostřednictvím Peacockovy základní etnoarcheologické klasifikace, shledáme, že nejvíce odpovídají kategorií tzv. individual workshops (viz *Peacock 1982*, 31). Tento typ dílen, jenž je charakteristický trvalým usazením řemeslníků, častým zapojením rodinných příslušníků do výroby, sezónní produkcí a orientací na pokrytí lokální spotřeby, je předpokládán také v rámci velkomoravského centra na Pohansku u Břeclavi (*Macháček 2001*, 220–221). Zdá se tedy, že obdobná úroveň organizace hrnčířských pracovišť není ve velkomoravských centrech nijak výjimečná.

7. Závěr

Předložená studie se zaměřila na prezentaci nových dokumentačních a komparativních metod prostřednictvím podrobného vyhodnocení souboru značených den nádob ze dvou hrnčířských dílen ze Starého Města „U Víta“. Významnou součástí vyhodnocovaného souboru pak tvořil dosud nepříliš využitý pramen v podobě den s tzv. technickými značkami, které bylo možno dokumentovat a porovnávat za významného přispění 3D fotoskenování. Díky podrobnosti trojrozměrných modelů bylo možno srovnávaný soubor rozšířit i o některé další neintencionální otisky (otisky struktury dřeva).

Fotogrammetrická analýza značených den tak nepochybně prokázala svůj přínos. Umožnila identifikovat otisky celkem deseti různých disků hrnčířských kruhů, na nichž byly nádoby vytvářeny, přičemž tyto disky byly umístěny na minimálně šesti kruzích. Rozbor prvkového složení pomocí rentgen-fluorescenční spektrometrie také potvrdil materiálovou homogenitu analyzovaného souboru. Předpokládaná chronologická následnost obou objektů dovolila odhadnout i počet výrobních zařízení, jež se vyskytovala v jednotlivých dílnách. Ten se pohyboval od minimálního počtu tří až do hypotetického počtu šesti kruhů na jednu dílnu. Tyto poznatky společně s dalšími kvalitativními znaky obou analyzovaných objektů dovolují dílny zařadit mezi tzv. *individual workshops*, o jejichž existenci již uvažujeme v rámci některých dalších velkomoravských center, především na Pohansku u Břeclavi.

Aplikace pokročilých metod virtuální dokumentace a komparace se projevila jako nejvyšší účinná, stejně jako byl v hrubých obrysech naznačen i nový potenciál technických značek. Ty by mohly v budoucnu rozšířit naše vědomosti o organizaci výroby ve velkomoravských hrnčířských dílnách a společně s plastickými značkami také rekonstruovat rádius odbytu produkce těchto dílen. Získané poznatky by pak v konečném důsledku mohly napomoci poodhalit úroveň ekonomické a s tím související sociopolitické komplexity Velké Moravy (viz *Smith 1974*; případně *Minc 2006*, 82–91). K tomu je však třeba komplexního vyhodnocování keramických souborů včetně jejich dosud opomíjených součástí. Jak se snažila ilustrovat tato studie, jejich informační potenciál je možno za pomoci modernějších analytických nástrojů těžít již dnes.

Předložená práce vznikla za finanční podpory Ministerstva kultury ČR v rámci institucionálního financování dlouhodobého koncepčního rozvoje výzkumné organizace Moravské zemské muzeum (DKRVO, MK000094862). Výsledek vznikl za podpory studentského výzkumného projektu specifického výzkumu MUNIA/0859/2015 Archeologické terénní prospekce, exkavace, dokumentace a muzejní prezentace V.

Prameny a literatura

- Bobrinskij, A. A. 1962:* Drevnerusskij gončarnyj krug. Sovetskaja archeologija 1962, 33–52.
- Černohorský, K. 1974:* Otisky osy a otisky disku na časněstředověké keramice. Časopis Moravského musea v Brně 59, 43–96.
- Čurčić, V. 1910:* Lončarstvo u Orubici na Savi, kotar Bos. Gradiška. Glasnik Zemaljskog muzeja u Bosni i Hercegoviny 22, 25–40.
- Dostál, B. 1975:* Břeclav – Pohansko IV. Velkomoravský velmožský dvorec. Brno: Univerzita J. E. Purkyně.
- 1986: Velké zahloubené stavby z Břeclavi – Pohanska. Sborník prací Filozofické fakulty Brněnské univerzity E31, 97–137.

- Eisner, J. 1966: Rukověť slovanské archeologie. Praha.
- Fišer, B. 1921: Uherské Hradiště I. Uherské Hradiště: K. Novotný.
- Forster, N. – Grave, P. – Vickery, N. – Kealhofer, L. 2011: Non-destructive analysis using PXRF: methodology and application to archaeological ceramics. *X-Ray Spectrometry* 40, 389–398.
- Frahm, E. 2013: Validity of “Off-the-Shelf” Handheld Portable XRF for Sourcing Near Eastern Obsidian Chip Debris. *Journal of Archaeological Science* 40, 1080–1092.
- Galuška, L. 1989a: Plastická lišta na středohradištní keramice ze Starého Města. *Časopis moravského muzea* 74, 121–135.
- 1989b: Výrobní areál velkomoravských klenotníků ze Starého Města – Uherského Hradiště. *Památky archeologické* 80, 405–454.
- 1992: Dvě velkomoravské kovárny s depoty ze Starého Města. *Časopis moravského muzea* 77, 123–161.
- Girardeau-Montaut, D. – Roux, M. – Marc, R. – Thibault, G. 2005: Change detection on point cloud data acquired with a ground laser scanner. *International Archives of Photogrammetry and Remote Sensing* XXXVI–3/W19, 30–35.
- Goodale, N. – Bailey, D. G. – Jones, J. T. – Prescott, C. – Scholz, E. – Stagliano, N. – Lewis, Ch. 2012: pXRF: a study of inter-instrument performance. *Journal of Archaeological Science* 39, 875–883.
- Gruen, A. – Remondino, F. – Zhang, L. 2004: 3D modeling and visualization of large cultural heritage sites at very high resolution: the Bamiyan valley and its standing Buddhas. *International Archives of Photogrammetry and Remote Sensing* XXXV–B5, 603–608.
- Guidi, G. – Remondino, F. – Russo, M. – Menna, F. – Rizzi, A. – Ercoli, S. 2009: A Multi-Resolution Methodology for the 3D Modeling of Large and Complex Archaeological Areas. *International Journal of Architectural Computing* 7, 39–55.
- Hanák, K. 1931: Pohled do pravěkých sídlišť. *Sborník velehradský* 2, 12.
- Herrmann, J. 1966: Tornow und Vorberg. Ein Beitrag zur Frühgeschichte der Lausitz. Berlin: Akademie-Verlag.
- Hlavica, M. 2015: Značky na dnech keramických nádob z Břeclavi – Pohanska v kontextu raně středověkého hrnčířství. Brno: Masarykova univerzita. Ms. mag. diplom. práce. online: http://is.muni.cz/th/178604/ff_m/HoHubowicz,W.1950:Garncarstwo
- 1965: Garncarstwo wczesnośredniowieczne Słowian. Wrocław: Państwowe Wydawnictwo Naukowe.
- Hrubý, V. 1955: Archeologický výzkum Starého Města v roce 1954. In: J. Pavelčík ed., *Nové archeologické výzkumy v kraji gottwaldovském v r. 1954, Gottwaldov: Krajské muzeum v Gottwaldově*, 44.
- 1965: Staré Město. *Velkomoravský Velehrad*. Praha: Nakladatelství Československé akademie věd.
- Hrubý, V. – Marešová, K. 1976: Záchranný výzkum Staré Město “U Víta” – 1976, *Nálezové zprávy II*. Ms. nálezové zprávy uloženy v archivu MZM v Brně, bez č. j.
- Hunt, A. M. W. – Speakman, R. J. 2015: Portable XRF analysis of archaeological sediments and ceramics. *Journal of Archaeological Science* 53, 626–638.
- Cháb, J. – Stránil, Z. – Eliáš, M. 2007: Geologická mapa České republiky 1 : 500 000. Praha: Česká geologická služba.
- Chevallier-Kervern, M. R. 1935: Les poteries de Lanveur en Lannilis (Finistère). *Bulletin de la Société Archéologique du Finistère* 62, 115–137.
- Jagor, H. 1882: Töpferei, namentlich in Ordizan (Pyrenäen) und Siut (Aegypten). *Zeitschrift für Ethnologie* 14, 457–470.
- 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.
- Kołosówna, Z. 1950: Z badań nad znakami garncarskimi z okresu wczesnodziejowego. *Slavia Antiqua* 2, 438–452.
- Kołos-Szafrńska, Z. 1961: Z badań nad garncarstwem wczonośrednioiecznym: analiza ceramiki z Biskupina, Pow. Znin, stan. 6. In: W a Z Szafrńscy edd., *Z badań nad wczesnośredniowiecznym osadnictwem wiejskim w Biskupinie*, Wrocław – Warszawa – Kraków: Wydawnictwo Polskiej Akademii Nauk, 145–229.
- Kostelníková, M. 1975: Otisky tkanin na dnech slovanských nádob z Mikulčic. *Archeologické rozhledy* 27, 45–51.
- Lepówna, B. 1959: Wczesnośredniowieczne znaki garncarskie ze stanowiska 1 w Gdańsku. In: J. Kamińska ed., *Gdańsk wczesnośredniowieczny 1, Gdańsk : Gdańskie Towarzystwo Naukowe*, 29–53.
- 1968: Garncarstwo Gdańskie w X–XIII wieku. Gdańsk: Gdańskie Towarzystwo Naukowe.

- Liritzis, I. – Zacharias, N. 2011: Portable XRF of Archaeological Artifacts: Current Research, Potentials and Limitations. In: S. M. Shackley ed., X-ray fluorescence spectrometry (XRF) in Geoarchaeology, New York: Springer, 109–142.
- Macháček, J. 1997: Studie zur Keramik der mitteldanubischen Kulturtradition. *Slovenská archeológia* 45, 353–418.
- 2001: Studie k velkomoravské keramice. Metody, analýzy a syntézy, modely. Brno: Filozofická fakulta Masarykovy univerzity v Brně.
- Marešová, K. 1977: Záchraný archeologický výzkum velkomoravského Starého Města. *Časopis Moravského muzea* 62, 239–240.
- Minc, L. D. 2006: Monitoring regional market systems in prehistory: Models, methods, and metrics. *Journal of Anthropological Archaeology* 25, 82–116.
- Mitchel, D. – Grave, P. – Maccheroni, M. – Gelman, E. 2012: Geochemical characterisation of North Asian glazed stonewares: a comparative analysis of NAA, ICP–OES and non-destructive pXRF. *Journal of Archaeological Science* 39, 2921–2933.
- Nekuda, V. 1963: Nálezy středověkých hrnčířských pecí na Moravě. *Časopis Moravského muzea v Brně* 48, 57–84.
- Neustupný, E. 2007: Vymezení archeologie. In: M. Kuna ed., *Archeologie pravěkých Čech 1*, Praha: Archeologický ústav AV ČR, Praha, 11–22.
- 2010: *Teorie archeologie*. Plzeň: Vydavatelství a nakladatelství Aleš Čeněk, s.r.o.
- Peacock, D. P. S. 1982: *Pottery in the Roman world: an ethnoarchaeological approach*. London – New York: Longman.
- Petrík, J. – Prokeš, L. – Všianský, D. – Salaš, M. – Nikolajev, P. v tisku: Organization of ceramic production at a fortified Early Bronze Age settlement in Moravia (Czech Republic) inferred from minimally destructive archaeometry, *Archaeological and Anthropological Sciences*: <http://link.springer.com/article/10.1007/s12520-016-0370-8>
- Ptáček, M. 2012: Značky na dnech středověkých keramických nádob v jihozápadních Čechách. České Budějovice: Jihočeská univerzita. Ms. diplom. práce. online: <https://theses.cz/id/33f7dm>
- Reichertová, K. 1956: Příspěvek k datování středověké keramiky v Čechách. *Památky archeologické* 47, 171–186.
- Richter, M. 1982: *Hradištko u Davle*. Praha: Academia.
- Rüther, H. – Chazan, M. – Schroeder, R. – Neeser, R. – Held, Ch. – Walker, S. J. – Matmon, A. – Horwitz, L. K. 2009: Laser scanning for conservation and research of African cultural heritage sites: the case study of Wonderwerk Cave, South Africa. *Journal of Archaeological Science* 36, 1847–1856.
- Sánchez-Aparicio, L. J. – Villarino, A. – García-Gago, J. – Gonzáles-Aguilera, D. 2016: Photogrammetric, Geometrical, and Numerical Strategies to Evaluate Initial and Current Conditions in Historical Constructions: A Test Case in the Church of San Lorenzo (Zamora, Spain). *Remote Sensing* 8, 60.
- Sláma, J. 1970: Příspěvek k dějinám českého hrnčířství 9. a 10. století. *Sborník Národního muzea v Praze A24*, 157–165.
- Smith, C. A. 1974: Economics of Marketing Systems: Models from Economic Geography. *Annual Review of Anthropology* 3, 167–201.
- Snášil, R. 1978: Záchraný výzkum v Uherském Hradišti – Starém Městě (okr. Uherské Hradiště). *Přehled výzkumů 1976*, 79–80.
- Speakman, R. J. – Little, N. C. – Creel, D. – Miller, M. R. – Iñañez, J. G. 2011: Sourcing ceramics with portable XRF spectrometers? A comparison with INAA using Mimbres pottery from the American Southwest. *Journal of Archaeological Science* 38, 3483–3496.
- Speakman, R. J. – Shackley, S. M. 2013: Silo science and portable XRF in archaeology: a response to Frahm. *Journal of Archaeological Science* 40, 1435–1443.
- Točik, A. 1962: Keramika so značkami na dne zo slovansko-avarských pohrebísk na juhozápadnom Slovensku. *Památky archeologické* 53, 347–380.
- Valášková, L. 2005: Kvantitativní charakteristiky středohradištní keramiky ze Starého Města „U Víta“, Brno: Masarykova univerzita. Ms. bak. diplom. práce; online: http://is.muni.cz/th/75413/ff_b/
- 2010: Raně středověká keramická produkce staroměstsko-uherskohradištské aglomerace a její územní rozšíření, Brno: Masarykova univerzita. Ms. mag. diplom. práce; online: http://is.muni.cz/th/75413/ff_m_b1/
- Varadžin, L. 2005: Značky na dnech keramických nádob ve středověku. *Studia Mediaevalia Pragensia* 5, 165–199.

- Varadzin, L. 2007: Značky na dnech keramických nádob ze Staré Boleslavi. *Archeologické rozhledy* 59, 53–79.
- 2010: Hrnčířská výroba ve východní části střední Evropy. *Archeologické rozhledy* 62, 17–71.
- Verhoeven, G. – Doneus, N. – Doneus, M. – Štuhec, S. 2015: From pixel to mesh: accurate and straightforward 3D documentation of cultural heritage from the Cres/Lošinj archipelago. In: Z. E. Starčić – D. Tončinić eds., *Istraživanja na otocima*, Zagreb: Hrvatsko arheološko društvo – Lošinski muzej, 165–176.
- Vlkolínská, I. 2012: K problematice značek na dnách nádob z Nitry – Lupky. *Archaeologia historica* 37, 235–250.
- Vocel, J. E. 1868: *Pravěk země České*. Praha: Královská česká společnost nauk.
- Zelnitius, A. 1940: Veligrad – Staré Město a jeho kostely. *Sborník velehradský* 11, 41–49.
- Zvietcovich, F. – Navarro, L. – Saldana, J. – Castillo, L. J. – Castaneda, B. 2016: A novel method for estimating the complete 3D shape of pottery with axial symmetry from single potsherds based on principal component analysis. *Digital Applications in Archaeology and Cultural Heritage* 3, 42–54.

Technical marks as a neglected archaeological record? Photogrammetric analysis of the bottoms of vessels from Great Moravian pottery workshops at the ‘U Víta’ site in Staré Město (Uherské Hradiště district)

Pottery vessels with marks on their bottom, which already appear in central Europe in Late Antique pottery of the 6th century, have received considerable attention in archaeological research. Nevertheless, it has not yet been clearly explained exactly why early and high medieval potters marked their production, marked only some of their products or why this tradition ended during the course of the 15th century. Problems with the clarification of the purpose of marking gradually led researchers to attempt to use the record involving identical marks (i.e. imprints of the same matrix on the bottom of various pottery vessels), which were found not only at a single site, but also often in broader geographical contexts. By analysing the spatial distribution of identical marks, researchers contemplated the economic and socio-political backdrop of pottery production and distribution. However, to date these efforts to evaluate identical marks have focused only on marks with relief symbols and have entirely neglected ‘technical marks’ left by the axis of the potter’s wheel on the bottoms of vessels.

Using a sample group of vessel bottoms from two assumed Great Moravian pottery workshops at the ‘U Víta’ site in Staré Město (Uherské Hradiště district), the submitted study attempts to present the possibilities of a complex evaluation of the source involving marked vessel bottoms, including all heretofore neglected components (so-called technical marks and certain other unintentional imprints). Both ‘U Víta’ workshops had their own kilns and were part of a broader craft area (*fig. 2*) that also included a metal-working and jewellery zone. Three technical marks with a round imprint and two verifiably unmarked bottoms were identified in the first workshop (feature 60), while four marks with relief symbols, six technical marks with a round imprint, one technical mark with a square imprint and 19 verifiably unmarked vessel bottoms were identified in the second workshop (feature 63). The separated bottoms were photogrammetrically documented, and three dimensional models created using Agisoft Photoscan and Rhinoceros software were subsequently compared in the Cloud Compare software using the cloud-to-cloud distance function.

The evaluation was also supplemented by measurements of selected material using X-ray fluorescence spectrometry. An attempt was made to compare the elemental composition of vessel bottoms with a reference group of typical representatives of production occurring at the ‘U Víta’ site and to test, in this way, the material homogeneity of the assemblage. The assemblage was also compared to reference groups from two other Great Moravian centres at Břeclav-Pohansko and Mikulčice in order to uncover the specific qualities in the elemental composition of pottery production from the ‘U Víta’ site in Staré Město. The actual measurements were conducted using a portable Innov-X Delta spectrometer with a 4W Rh anode and a 25 mm² silicon drift detector, and the measured data were calibrated.

The results of the virtual comparison confirmed the anticipated agreement between three marks with relief symbols from feature 63 (*fig. 9*). Also identified in the same feature was a pottery fragment that verifiably bore a mark with a different relief symbol (*fig. 10*). The cloud-to-cloud distance tool proved to be useful not only in comparing the marks with relief symbols but also in comparing the imprints of the reliefs of the potter's wheel. A pair of identical imprints of wood reliefs found in this way was therefore determined to have occurred in both of the evaluated features (*fig. 13*). However, the use of cloud-to-cloud distance proved to be problematic in the search for identical imprints from the round axes of potter's wheels. It was in fact determined that an identical potter's wheel axis could leave imprints of varying depths on vessels. Therefore, the comparison of technical marks focused primarily on a comparison of vector definitions of the exterior shapes of technical marks, which were defined on the basis of three dimensional models and subsequently compared (*fig. 8*). This approach made it possible to identify five groups of various round axes representing five different potter's wheels (*fig. 11*). Imprints of three different round axes were found in each of the workshops, whereas the occurrence of imprints of group TZ 4 were common to both features. Group TZ 4 of technical marks also most significantly showed various depths of wheel axis imprints on the bottom of vessels (*fig. 21*). This probably indicates gradual boring of the axis through the potter's wheel platform. This phenomenon, mainly in the case of hand-powered wheels of a construction with a stationary axis, was also documented ethnographically (Hohubowicz 1950, 57–58; *fig. 5*).

An analysis of the elemental composition of ceramic material confirmed the homogeneity of the reference group from the 'U Víta' site in Staré Město and the analysed bottoms of vessels (*figs. 17* and *18*). The assemblage from the 'U Víta' site in Staré Město also differed from the reference pottery assemblage found at Břeclav-Pohansko but also from the one from Mikulčice (*figs. 14, 15, 16*). It was thus shown that the entire analysed assemblage from the 'U Víta' site is of local provenance and hence a product of local workshops.

The obtained results also made it possible to contemplate several aspects of pottery production at the 'U Víta' site in Staré Město. The first is a direct reflection of the presence of pottery workshops in archaeological sources. Besides a high concentration of pottery material (*fig. 3*), which, by means of X-ray fluorescence spectrometry, appears to be homogeneous with respect to material, the pottery workshops are also characterised by a relatively high concentration of identical marks. Three identical specimens identified in feature 63 can be supplemented with two other specimens from adjacent feature 55 (*fig. 20*). Such high concentrations of marks with identical symbols are not typical for the Great Moravian period, a fact also evident from comparisons with an evaluated assemblage of marked bottoms from the Great Moravian centre at Břeclav-Pohansko (Hlavica 2015, tab. 4, *fig. 27*). The occurrence of three identical specimens together with symbols that are not identical also indicates that the 'U Víta' workshops were not limited in this sense to the use of one symbol.

The parallel existence of multiple potter's wheels in a single workshop was confirmed by an evaluation of technical marks, thanks to which five unique round axes and one square axis were identified. If two matrixes with relief symbols, one matrix represented by imprints of a wooden relief and one imprint perhaps capturing a disk with pegs (*fig. 19*) are attributed to this assemblage, it is possible to identify with absolute certainty at least ten unique wheel disks at the two workshops that were parts of at least six unique potter's wheels, be they fixed or mobile (represented by different axis imprints).

The common occurrence of group TZ 4 technical marks and a pair of identical bottoms with a wood relief in features 60 and 63 probably reflects the mechanism of dealing with production waste at the two workshops. The volume of pottery (*fig. 3*) and the spatial distribution of identical bottoms suggest that feature 60 remained in use after the abandonment of feature 63. After feature 63 was abandoned, it became the refuse pit for feature 60. Feature 55, immediately adjacent to feature 63, was already a refuse pit while feature 63 was being used. Taking into consideration the chronological succession of the two workshops, it is also possible to consider the number of potter's wheels that were used in both workshops. Based on the variability and spatial distribution of bottoms, it is possible to place the number of simultaneously used wheels in the range of three to six per workshop.

If the acquired information on the Great Moravian workshops at the 'U Víta' site is used to make a general reconstruction of the level of organisation of production in these workshops, it can be said that they did not exceed the level of the Peacock model of 'individual workshops' (*Peacock 1982*, 31). The presence of workshops characterised in general by permanently established craftsmen, the involvement of family members in production, seasonal production and a focus on covering local demand is also assumed at other Great Moravian centres, especially Břeclav-Pohansko (*Macháček 2001*, 220–221).

Evaluating the contribution of the applied processing method, it can be confirmed that the benefit was demonstrated of the use of the method of photogrammetric documentation and virtual comparison, especially through the possibility to expand the traditionally analysed assemblage of bottoms with relief symbols to also include technical marks and several other unintentional imprints. This expanded assemblage of vessel bottoms then demonstrably also increased its testimonial value and showed its potential for the future study of the issues of the economic and socio-political complexity of Great Moravia.

English by *David J. Gaul*

MICHAL HLAVICA, Ústav archeologie a muzeologie, Filozofická fakulta Masarykovy univerzity,
Arne Nováka 1, CZ-602 00 Brno; hlavica@phil.muni.cz

VOJTĚCH NOSEK, Ústav archeologie a muzeologie, Filozofická fakulta Masarykovy univerzity,
Arne Nováka 1, CZ-602 00 Brno; 330862@mail.muni.cz

JAN PETŘÍK, Ústav geologických věd, Přírodovědecká fakulta Masarykovy univerzity, Kotlářská 2,
CZ-602 00 Brno; petrik.j@mail.muni.cz

LUCIE VALÁŠKOVÁ, Centrum slovanské archeologie, Moravské zemské muzeum, Zelný trh 6, CZ-659 37
Brno; lvalaskova@mzm.cz