

Kloužková, Alexandra; Zemenová, Petra; Profantová, Naďa

**Charakterizace chemického a mineralogického složení keramických nálezů z 6.–11. století z Roztok u Prahy**

*Archaeologia historica*. 2014, vol. 39, iss. 1, pp. 53-73

ISSN 0231-5823 (print); ISSN 2336-4386 (online)

Stable URL (handle): <https://hdl.handle.net/11222.digilib/130280>

Access Date: 30. 11. 2024

Version: 20220831

Terms of use: Digital Library of the Faculty of Arts, Masaryk University provides access to digitized documents strictly for personal use, unless otherwise specified.

# CHARAKTERIZACE CHEMICKÉHO A MINERALOGICKÉHO SLOŽENÍ KERAMICKÝCH NÁLEZŮ Z 6.–11. STOLETÍ Z ROZTOK U PRAHY<sup>1</sup>

ALEXANDRA KLOUŽKOVÁ – PETRA ZEMENOVÁ – NAĎA PROFANTOVÁ

**Abstrakt:** Příspěvek se zabývá keramickými nálezy ze známé sídelní polykulturní lokality v Roztokách u Prahy. Vybrané keramické nálezy (úločky nádob a pražnice) z 6.–11. století a nalezená keramická surovina ze 6.–7. století byly hodnoceny pomocí analýz rentgenové fluorescence (XRF), rentgenové difrakce (XRD), optické mikroskopie a termických analýz (STA v režimu DSC-TG), rovněž byly stanoveny základní mikrostrukturní parametry střepových hmot (Archimedova metoda). Byla prokázána souvislost s analyzovaným archeologickým materiálem a nalezenou keramickou surovinou. Hlavními krystalickými fázemi střepových hmot byly především křemen, živce, slídy, u části vzorků byly identifikovány hornblend, kalcit a kaolinit. Keramická surovina byla použita k hodnocení stárnutí nízkopáleného střepu pomocí hydrotermálního zatížení. Teploty výpalu analyzovaných střepů se pohybovaly v rozpětí ca 550–850 °C, výjimkou je sekundárně přepálená nádoba, jejíž střepová hmota byla lokálně zatížena v rozmezí ca 950–1050 °C.

**Klíčová slova:** keramika – kultura pražského typu – doba hradištní – Čechy – analýzy.

## *Characteristics of Chemical and Mineralogical Composition of Pottery from the 6th–11th Centuries from Roztoky u Prahy*

**Abstract:** This article discusses pottery finds from a well-known poly-cultural location in Roztoky, near Prague. Selected ceramic finds (sherds of vessels and trays for roasting grain) from the 6th–11th centuries and a clay body from the 6th–7th centuries were investigated by means of X-ray fluorescence analyses (XRF), X-ray diffraction (XRD), optical microscopy and thermal analyses (STA in DSC-TG regime), and basic microstructural parameters of the sherds were determined (Archimedes' method). The analyses have confirmed relations between the archaeological material and the excavated clay body. The main crystalline phases of the sherds were quartz, feldspar and mica, in part of the samples also hornblende, calcite and kaolinite. The clay body was used for the assessment of the aging of low-fired pottery by means of hydrothermal load. Firing temperatures of the analyzed sherds ranged between ca 550–850 °C, one exception was a secondary-fired vessel (ca 950–1050 °C).

**Key words:** pottery – Prague-type culture – hillfort period – Bohemia – analyses.

## I. Úvod

Rozsáhlý sídelní areál na levém břehu Vltavy v Roztokách u Prahy je již poměrně dobře známý (Kuna–Profantová 2005; Profantová 2005). Je více než 1 500 m dlouhý a překračuje původní vymezení tokem Únětického potoka na severu, ovšem až v mladší fázi kultury s keramikou pražského typu (výzkum Středočeského muzea v Roztokách).

Jedná se o polykulturní lokalitu, nejvýznamnější komponentou je kultura s keramikou pražského typu (dosud zveřejněno 128 domů). Nový výzkum (2006–2010, ARÚ AV ČR, Praha, v. v. i.; srov. Kuna–Profantová 2007; Kuna–Profantová 2011) počet domů zvýšil zhruba na 333–335 a počet všech objektů této komponenty na 385–390. Zároveň odkryl poprvé i mladší raně středověké objekty, jámy ze starší doby hradištní (RS 2; 8. století a 1. polovina 9. století)<sup>2</sup> a též ze závěru střední doby hradištní až následujícího období (10.–11. století), ovšem obě skupiny se omezovaly jen na severní část sledovaného areálu (obr. 1). Chybějící pokročilé 9. století pak bylo zachyceno zatím jediným objektem u stodoly v areálu dnešního zámku (obj. 1/08; výzkum Středočeské muzeum Roztoky, nepublikováno). Ojedinele se vyskytly i objekty ještě mladší (ca 2–3) s keramikou se zduřelými okraji, tato keramika však nebyla dále analyzována.

Již při zveřejnění první etapy výzkumu byla velká pozornost věnována detailnějšímu studiu v ruce robené keramiky, přičemž byly stanoveny tři vývojové fáze (Kuna–Profantová 2005, obr. 84) pro 6.–7. století. Detailně s výbrusy bylo analyzováno 22 vybraných vzorků – pouze keramiky pražského typu (Bartuška 2005; Hanykýř–Maryška–Novotná 2005). V obecnějším

1 Práci věnujeme M. Kunovi k životnímu jubileu.

2 Užití 8.–9. století odkazuje na určitou nejistotu v datování nepočetných souborů z některých jam, z 2. poloviny 9. století je bezpečně jen objekt 1/2008.



Obr. 1. Roztoky u Prahy, okr. Praha-západ. Celkový plán areálu s vyznačením analyzovaných objektů z druhé etapy výzkumu, RS 1 a 2, RS 3-4 (10.–11. století). Obj. 1204 obsahoval připravenou keramickou surovinu.

Abb. 1. Roztoky bei Prag, Bezirk Prag-West. Gesamtplanskizze des Areals mit Kennzeichnung der analysierten Objekte aus der zweiten Grabungsetappe, RS 1 und 2, RS 3-4 (10.–11. Jhdt.). Obj. 1204 enthielt aufbereiteten Keramikrohstoff.

■ **hodnocení nalezené suroviny** – provedení analýz pravděpodobné suroviny nalezené v domě ze 6.–7. století (obr. 2) a jejich následné porovnání s analýzami keramiky pražského typu (obr. 3, 4), posouzení možnosti významu nálezů jako keramické suroviny pro keramiku tohoto

vývoji hrnčířství je důležitým předělem zavedení pomalého kruhu, to se projevuje obtáčením horních částí nádob (2. polovina 7. století / počátek 8. století; k vývoji v 6.–9. století též Profantová 2009, 318–319, obr. 8 pro Prahu-Liboc), vytvářením složitěji profilovaných okrajů a jejich vlepováním (poslední třetina 9. století; k tomu též Profantová v tisku), nástupem značek na dnech<sup>3</sup> a regionalizací keramické produkce v Čechách, doložitelnou od 2. poloviny 9. století. V našem souboru ji reprezentují jen vzorky z 10.–11. století pražské šedé řady nejspíše redukčně pálené se specifickým složením keramického těsta i typickými morfologickými znaky (k ní Čiháková 2002; Čiháková–Růžičková–Zeman 1995 s mineralogickými analýzami).

Při výběru analyzovaného materiálu z Roztok byly řešeny tři hlavní okruhy otázek – 1) porovnání skupin keramiky zjištěných makroskopicky s těmi, které byly určeny mikroskopicky; 2) typy ostřiva a 3) teploty výpalu. Nejdůležitější byla zjištění, že se oběma způsoby vydělené skupiny nekryjí, že je v těstě přítomna slída, i když vizuálně zaznamenaná nebyla, a že jako ostřivo byly použity drcené střepy. Problematické byly výsledky týkající se teplot výpalu keramiky, které se pro dané období jeví jako příliš vysoké.

Při předběžném zpracování materiálu z druhé etapy výzkumu byla hlavní pozornost zaměřena na charakterizaci střepových hmot a na rozšíření dosavadních poznatků o následující témata:

■ **podobnost střepových hmot** – vzorky byly vybrány tak, aby doplnily spektrum analýz raně středověké keramiky v jednom areálu při početnějším zastoupení mladších vzorků, aby se mohly projevit případné technologické změny (povrchové úpravy, způsob vytváření: v ruce či pomocí obtáčení, teplota a podmínky výpalu), popř. užívání jednotné surovinové základny;<sup>4,5</sup>

3 Jediné detailní mineralogické analýzy nádob s identickými značkami z Klecan (2×) a Běchovic byly zveřejněny v Kloužková–Hanykýř–Bartuška 2010, 39–48. Podpořily hypotézu o výrobě v jedné dílně.

4 Článek vznikl díky grantu GAČR č. P 405/10/2289: Záhada raně středověké sídelní aglomerace v Roztokách. Krajina, ekonomika a vzorce sídelního chování. Rovněž byl v rámci VŠCHT financován z účelové podpory na specifický vysokoškolský výzkum (MŠMT č. 20/2013 a MŠMT č. 20/2014).

5 Porovnání s předchozími analýzami dosud neproběhlo a bude předmětem následující práce.

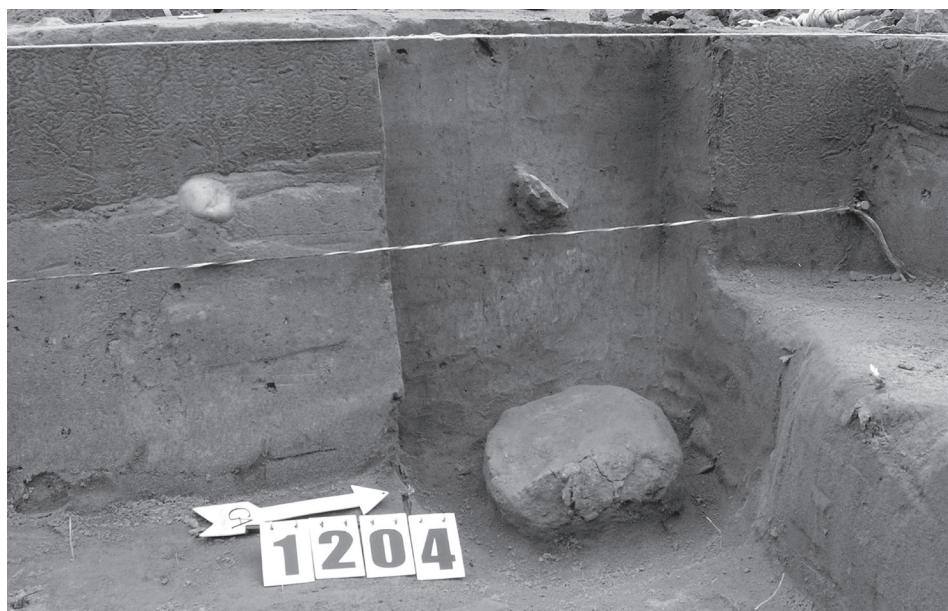
období; pro přípravu modelových vzorků byly také použity výplně nádob, tzn. zemina, která byla uvnitř nádob č. 7452, 9714 a 10334;

- **hodnocení teplot výpalu** – posouzení a ověření teplot výpalu keramiky pražského typu (Hanykýř–Maryška–Novotná 2005, 249), druhotně přepálené nádoby (obr. 5) a keramiky již řemeslně vyhotovené v 2.–3. třetině 10. a v 11. století;

- **organické příměsi** – sledování pozůstatku organických příměsí na vzorcích, které rozšířily škálu dříve analyzovaných střepů o menšinovou skupinu s „organickým ostřivem“;

- **studium nízkopálené keramiky** – zhodnocení mikrostruktury a složení střepové hmoty nízkopáleného předmětu, resp. analýza nově nalezené pražnice a posouzení možnosti, že nebyla primárně vypálena a k výpalu došlo až při používání;

- **„stárnutí“ archeologické keramiky** – nové téma, které bylo v rámci analýz studováno.



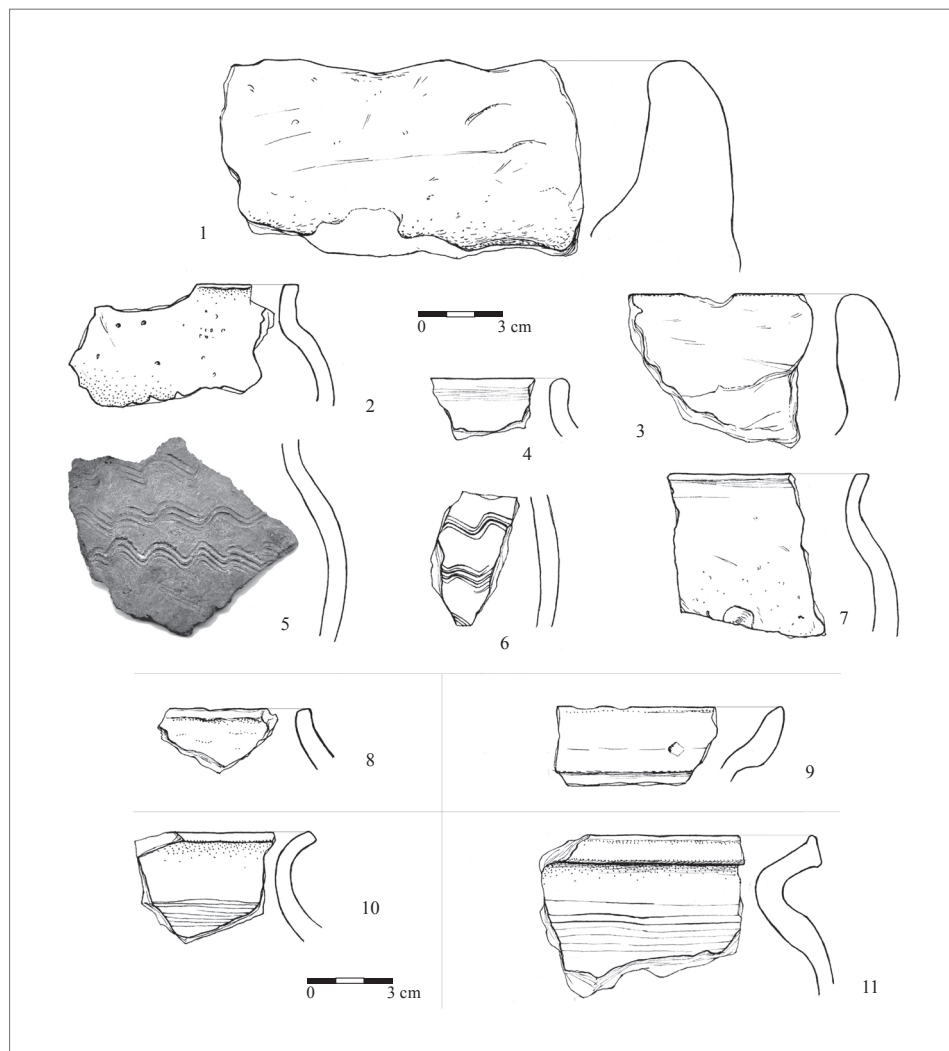
Obr. 2. Roztoky u Prahy, okr. Praha-západ. Detail profilu polozemnice 1204 s umístěním připravené suroviny. Foto M. Kuna.  
Abb. 2. Rostoky bei Prag, Bezirk Prag-West. Profildetail des Grubenhauses 1204 mit Lage des aufbereiteten Keramikrohstoffs. Foto M. Kuna.

Vzhledem k tomu, že v této nové etapě byl analyzován menší počet střepů včetně celých nádob (analýzy i z několika míst nádoby) z různých, většinou ještě nepublikovaných kontextů, je v následující tabulce (tab. I) uveden stručný popis nálezové situace.

Celkem byly ve druhé etapě analyzovány keramické nálezy z dvanácti objektů, šesti domů (včetně nálezů suroviny, tab. I) a šesti jam (obr. 2–4). Dostáváme se již k více než 40 vzorkům analyzovaným z této lokality, a to bez pravěkých zlomků.

V současné době se používá k hodnocení archeologických nálezů řada analytických metod, mezi kterými převažují metody poměrně náročné na přístrojové vybavení: XRF, XRD, SEM/EDS, STA apod. Důležité místo zaujímá i nadále hodnocení výbrusů keramických střepů optickým mikroskopem, které poskytuje informace o typech matrix, ostřiva, příměsích, povrchových úpravách, tvaru a velikosti zrn a pórů apod. Vzájemnou kombinací uvedených metod pak lze do jisté míry nalézt odpovědi na otázky kladené archeology ohledně hodnocení podobnosti střepů.

pových hmot, teplot výpalu, organických příměsí atd. Při hodnocení teploty výpalu je prvním vodítkem přítomnost minerálů, které podléhají v určitém teplotním intervalu nějaké přeměně (dehydroxylace jílových minerálů, rozklad uhličitánů, dehydroxylace slíd, vznik anortitu, spinelu, mullitu, cristobalitu apod.).

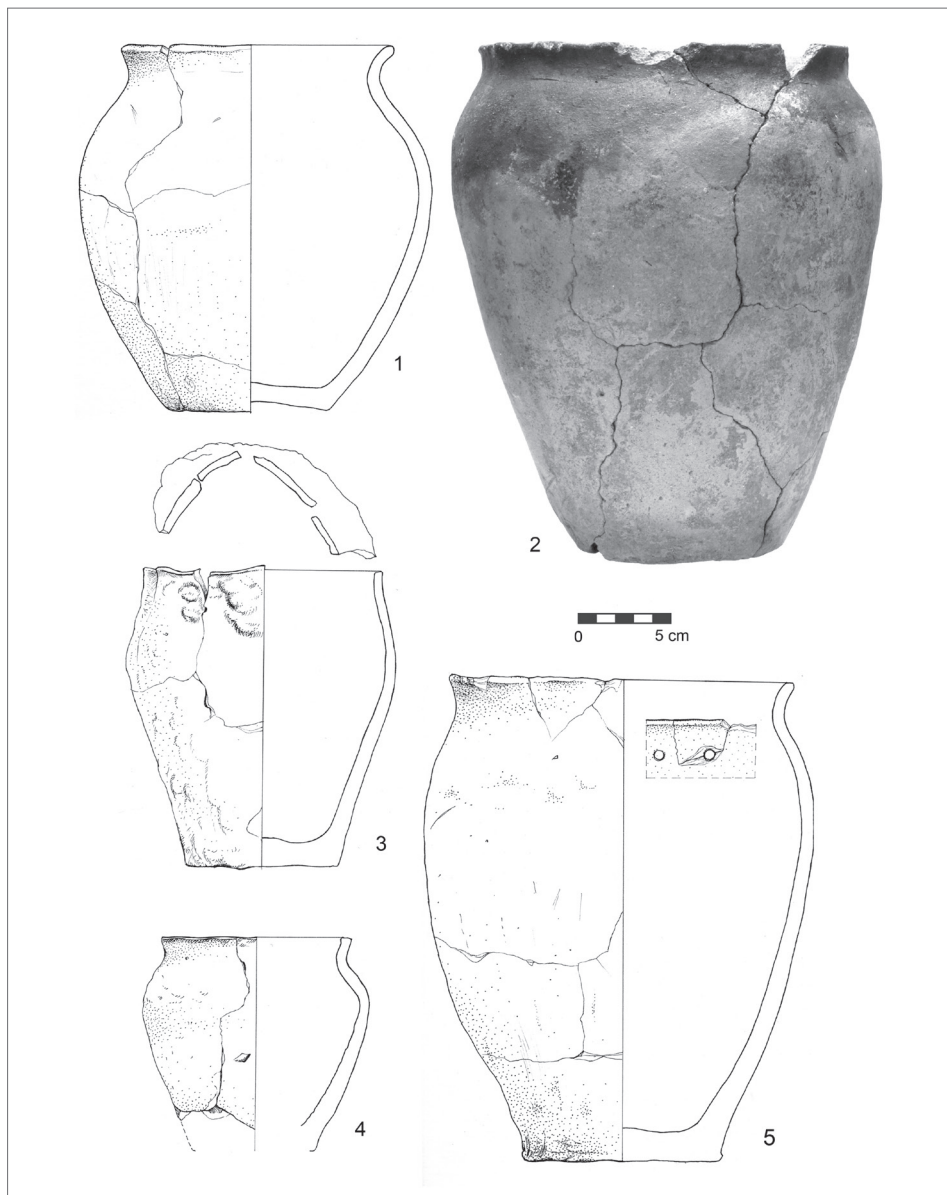


Obr. 3. Rostoky u Prahy, okr. Praha-západ. Analyzované keramické zlomky a zlomky pražnic (1, 3): 1, 3–7 – dům 1919, 2 – obj. 1963, 8 – obj. 1642, 9 – J. 1700, 10 – obj. 1626, 11 – obj. 1661.

Abb. 3. Rostoky bei Prag, Bezirk Prag-West. Analysierte Keramik- und Darrenfragmente (1, 3): 1, 3–7 – Haus 1919, 2 – Obj. 1963, 8 – Obj. 1642, 9 – J. 1700, 10 – Obj. 1626, 11 – Obj. 1661.

Doplňující informace poskytují: 1) tzv. parametry střepeových hmot, jejichž hodnoty souvisejí se stupněm slinutí; 2) termické analýzy, které zpřesňují teplotu zatížení materiálu při výpalu, problémem může být sekundární kontaminace vzorku složkou rozkládající se při teplotě pod teplotou výpalu střepe, může jít i o případ rekrystalizace (např. kalcit); 3) optická mikroskopie posouzením optické aktivity matrix (předpokládá se do ca 850 °C; Quinn 2013, 191) a stupně otavení některých zrn, popř. výskyt skelné fáze. Velkou roli hraje heterogenita střepeové hmo-

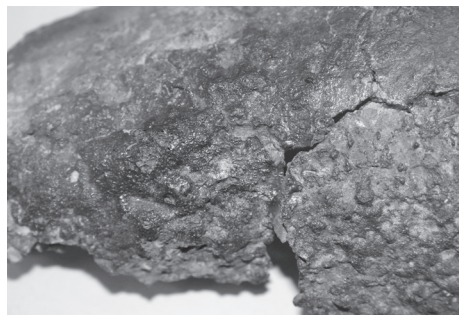
ty, proto se někdy, pokud je to možné, odebírají vzorky z více míst nádoby, popř. střepu. Při výpalu laboratorních vzorků se předpokládá pro keramiku pražského typu použití přikrytého ohniště, zahloubené jámy/milře, neboť „klasické pece“ se dosud nepodařilo najít (Krüger 1967, 91–92, Abb. 42).<sup>6</sup> Oválné jámy jsou ca 1,5 m dlouhé a 1 m široké, zahloubené 40 cm od povr-



Obr. 4. Roztoky u Prahy, okr. Praha-západ. Analyzovaná keramika – celé nádoby zleva: 1 – dům 1191, nád. 7452; 2 – dům 1294.2, nád. 9714; 3 – zásobní jáma 1190, přepálená nádoba 7537; 4 – dům 1294.1, nád. 8714; 5 – dům 1412, nád. 10334.

Abb. 4. Roztoky bei Prag, Bezirk Prag-West. Analyzierte Keramik – vollständige Gefäße von links: 1 – Haus 1191, Gefäß 7452; 2 – Haus 1294.2, Gefäß 9714; 3 – Vorratsgrube 1190, nachgebranntes Gefäß 7537; 4 – Haus 1294.1, Gefäß 8714; 5 – Haus 1412, Gefäß 10334.

<sup>6</sup> Do 6. století byly datovány pece na výrobu keramiky odkryté v Rumunsku, problém je v pouze předběžných publikacích jazykově nesnadno dostupných a v tom, že je obtížné je jednoznačně spojit s kulturou pražského typu, i když tak jsou v tamějších muzeích prezentovány (např. v Targovišti). K replice milře na pálení jen několika nádob viz např. Thér 2004, obr. 4–7.



Obr. 5. Část přepálené nádoby č. 7537. Foto A. Kloužková.  
Abb. 5. Teil des nachgebrannten Gefäßes Nr. 7537. Foto A. Kloužková.

s roštem, v raném středověku používaná na Moravě a na jihozápadním Slovensku od 2. poloviny 9. století, v její replice experimentálně vypaloval keramiku R. Pleiner po přehřátí při teplotách od 780–800 °C (Pleiner 1988, 299–308). Pro Čechy existenci obdobných pecí pro přelom 9. a 10. století či počátek 10. století analogicky předpokládáme, objeveny však dosud nebyly.

Hodnocení stárnutí střepové hmoty souvisí s procesem uvolňování vlhkosti v průběhu výpalu – s tzv. dehydroxylací. V průběhu uložení archeologického materiálu v půdě dochází ke zpětnému navázání vlhkosti do struktury střepu – k rehydroxylaci. Na základě sledování tohoto procesu u případně suroviny a keramického nálezu lze prokázat zdroj detekovaného jílového minerálu – nejčastěji kaolinitu. Lze definovat, zda kaolinit obsažený v archeologickém materiálu pochází ze suroviny a výpalem byl nezměněn, nebo je produktem rehydroxylace a teplota výpalu vzorku byla vyšší, než kolik by na základě analýz (XRD, STA, IČ) bylo stanoveno (Zemenová–Kloužková–Kohoutková 2012, 59–64).

## Experimentální část

Hodnocený střepový materiál druhé etapy byl rozdělen do několika skupin na základě jejich datace: 6.–7. století (9 ks), 8.–9. století (7 ks) a 10.–11. století (2 ks). Nevypálená keramická surovina byla datována rovněž do 6.–7. století. V tabulce II je uvedena fotodokumentace vzorků včetně inventurních čísel s vyznačeným místem odběru vzorků pro jednotlivé analýzy. Pro XRF a XRD analýzy byly odebrány vzorky z keramických střepů z dvou až tří míst.

Keramický materiál byl hodnocen na základě informací získaných pomocí následujících metod:

- **Chemické složení** střepových hmot bylo stanoveno pomocí rentgenové fluorescenční analýzy (XRF) – spektrometr ARL 9400 XP+, získané údaje byly vyhodnoceny pomocí softwaru Uniquant 4.

- **Mineralogické složení** střepových hmot bylo identifikováno pomocí rentgenové difrakční analýzy (XRD) – difraktometr PANanalytical X'pert Pro s Cu anodou v rozsahu měření 5–60 °2Theta, program X'pertHighScore Plus s databází referenčních vzorků. Doplňkovými metodami byly OM a STA, viz dále.

- **Procesy probíhající při tepelném zatížení** ve studovaných vzorcích byly sledovány prostřednictvím termických analýz (STA) – simultánní přístroj Setaram Setsys Evolution 16 v režimu DSC-TG, práškové vzorky o hmotnosti 25±0,02 mg, měřeny od pokojové teploty do 1 200 °C s rychlostí ohřevu 10 °C.min<sup>-1</sup> v korundovém kelímku a v proudu argonu, k měření byl použit program Calisto Data Acquisition a naměřená data byla zpracována programem Calisto Processing.

7 Nejstarší skutečně odkrytá pec v České republice pochází až z 9. století a byla nejspíše specializovaná na keramiku antických tvarů (Poulik 1985, obr. 18), další pocházejí z Nitry-Lupky až z přelomu 9. a 10. století (Vlkolínská 2002, 229–245). K replice horizontální pece podle pravěkého objektu z Turnova viz Thér 2004, obr. 15, 16, 23.

■ **Makrostruktura vzorků** byla pozorována stereomikroskopem Olympus SZX 9, **mikrostruktura střepových hmot** a identifikace povrchových úprav včetně stupně jejich reoxidace byla sledována polarizačním mikroskopem (OM) Olympus BX-51 za použití fotoaparátu Canon EOS500D, k obrazové analýze byl použit program QuickPhoto Industrial 2.3. a NIS-Elements.

■ **Základní parametry** (hmotnostní nasákavost  $E$ , objemová hmotnost  $OH$ , zdánlivá hustota  $d_{ap}$  a zdánlivá pórovitost  $P_{ap}$ ) byly stanoveny použitím tzv. Archimedovy metody – vážením ve vodě, skladovací vlhkost  $W$  a vlhkostní poměr  $w$  byly získány vážením po vysušení, hodnoty byly vypočteny podle vztahů (Hanykýř–Kutzendörfer 2008, 345):

$$W = (m_p - m_s) \cdot 100 / m_p, \quad [\%] \quad (1)$$

$$w = (m_p - m_s) \cdot 100 / m_s, \quad [\%] \quad (2)$$

Nasákavost, objemová hmotnost, zdánlivá pórovitost a zdánlivá hustota byly stanoveny normovanou metodou vážením ve vodě a vypočteny dle vzorců (Hanykýř–Kutzendörfer 2008, 347):

$$\text{hmotnostní nasákavost} \quad E = (m_w - m_s) \cdot 100 / m_s, \quad [\%] \quad (3)$$

$$\text{objemová hmotnost} \quad OH = m_s \cdot d_{H_2O} / (m_w - m_{w1}), \quad [\text{g} \cdot \text{cm}^{-3}] \quad (4)$$

$$\text{zdánlivá pórovitost} \quad P_{ap} = (m_w - m_s) \cdot 100 / (m_w - m_{w1}), \quad [\%] \quad (5)$$

$$\text{zdánlivá hustota} \quad d_{ap} = m_s \cdot d_{H_2O} / (m_s - m_{w1}), \quad [\text{g} \cdot \text{cm}^{-3}] \quad (6)$$

kde  $m_p$  je hmotnost původního, vlhkého vzorku [g] a  $m_s$  je hmotnost vzorku vysušeného do konstantní hmotnosti [g],  $m_w$  je hmotnost vzorku nasáklého vodou a po otření vlhkou utěrkou zváženého na vzduchu [g],  $m_{w1}$  je hmotnost vodou nasyceného vzorku váženého pod vodou [g],  $d_{H_2O}$  je hustota vody při teplotě měření [ $\text{g} \cdot \text{cm}^{-3}$ ].

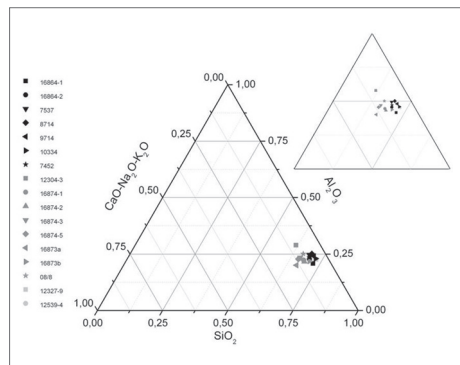
K identifikaci podmínek výpalu a povrchových úprav byly zhotoveny laboratorní vzorky z výplní nádob technikou vytváření z válečků s následným obtáčením na malířském kroužku. Poté byly vzorky vysušeny a páleny v laboratorní peci v různých podmínkách (rychlost ohřevu 3, 10, 30  $^{\circ}\text{C} \cdot \text{min}^{-1}$ , oxidačních nebo redukčních atmosférách, popř. nejdříve byl veden výpal redukčně a následně byla provedena reoxidace povrchové vrstvy) na konečnou teplotu výpalu 700, 800, 850  $^{\circ}\text{C}$ . Základní podmínky výpalu byly nastaveny na základě literatury (Bareš–Lička–Růžičková 1981, 137–227) tak, aby pokud možno odpovídaly předpokládanému historickému výpalu.

## Výsledky

Základní parametry informují o vlastnostech keramického střepu, které úzce souvisí s teplotou výpalu, a tedy s mikrostrukturou. Vzorky vypálené na vyšší teploty jsou více slinuté a vykazují vyšší hodnotu objemové hmotnosti a nižší nasákavost. Skladovací vlhkost (tab. III) byla u většiny střepů v intervalu 0,3–1,6 hm. %. Výjimku tvoří vzorky odebrané z nádob č. 9714, č. 10334 a č. 7452, jejichž hodnota nasákavosti leží nad 2 hm. %, nejvyšší hodnota byla u torza nádoby č. 8714, a to 3,31 hm. %. Hodnoty objemové hmotnosti většiny střepových hmot jsou opět v úzkém rozmezí 1,71–1,99  $\text{g} \cdot \text{cm}^{-3}$ , nejnižší hodnoty 1,38 a 1,39  $\text{g} \cdot \text{cm}^{-3}$  byly zjištěny u úlomků pražnic (č. 16873) a 1,42  $\text{g} \cdot \text{cm}^{-3}$  v přepálené části střepu č. 7537. Nízká hodnota objemové hmotnosti koresponduje s vyšší hodnotou nasákavosti vzorků pražnic. Tyto vysoké hodnoty nasákavosti (32,46 a 33,21 %) jsou dány velmi nízkou teplotou výpalu. U střepu č. 7537 naopak už došlo ke vzniku skelné fáze a k jejímu „vyublání“, díky bublinkám propojeným s povrchem má tato „přepálená“ část střepu nasákavost 28,05 %. U ostatních vzorků se hodnota nasákavosti pohybuje od 10,95 do 18,08 %. Zkouška ztráty žiháním zž na 600  $^{\circ}\text{C}$  dokázala, že k největším změnám došlo u vzorků č. 8714 a 9714 (ztráta 7,14, resp. 9,24 %).

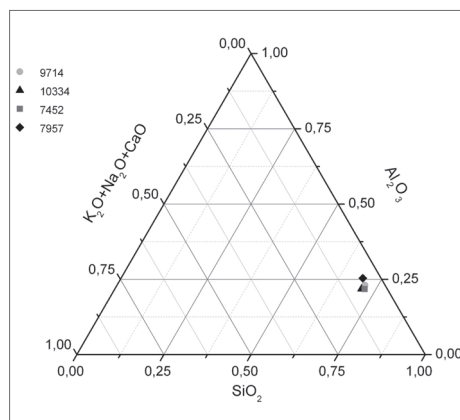
Výsledky chemického složení střepových hmot jednotlivých keramických nálezů jsou zpracovány pomocí ternárních diagramů, které informují o vzájemném poměru zvolených oxi-





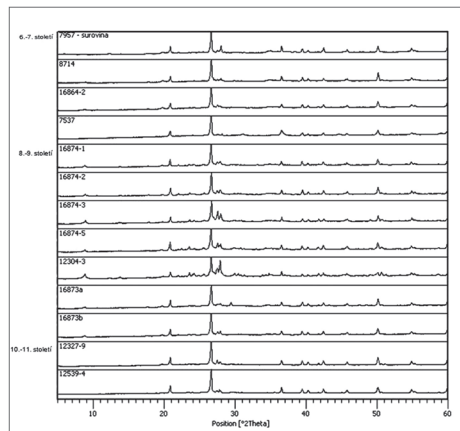
Obr. 6. Tříslučkový diagram  $\text{SiO}_2\text{-Al}_2\text{O}_3\text{-CaO+Na}_2\text{O+K}_2\text{O}$  střepevých hmot keramiky.

Abb. 6. Dreikomponentendiagramm  $\text{SiO}_2\text{-Al}_2\text{O}_3\text{-CaO+Na}_2\text{O+K}_2\text{O}$  der Keramikscherbenmassen.



Obr. 7. Tříslučkový diagram  $\text{SiO}_2\text{-Al}_2\text{O}_3\text{-CaO+Na}_2\text{O+K}_2\text{O}$  výplní a keramické suroviny.

Abb. 7. Dreikomponentendiagramm  $\text{SiO}_2\text{-Al}_2\text{O}_3\text{-CaO+Na}_2\text{O+K}_2\text{O}$  der Verfüllungen und des Keramikrohstoffes.



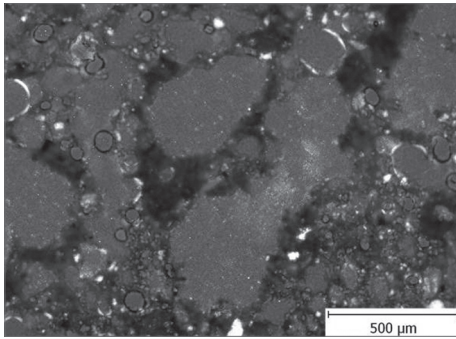
Obr. 8. Diffraktogramy střepevých hmot vybraných keramických střepeů.

Abb. 8. Diffraktogramme der Scherbenmassen ausgewählter Keramikscherben.

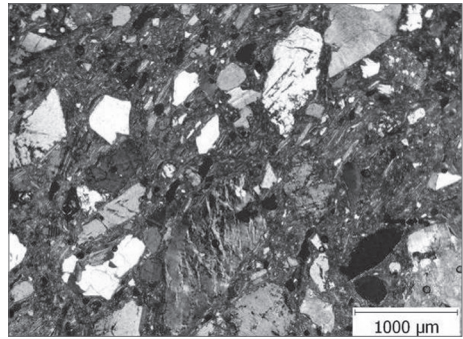
dů. Chemické složení všech analyzovaných střepevých hmot je zobrazeno na obr. 6. Je patrné, že vybrané keramické nálezy mají velmi podobné chemické složení, neboť se nalézají v diagramu ve velmi úzce vymezené oblasti. Výjimku tvoří keramický nález 16873a, který má vyšší obsah vápenaté složky. Obsah jednotlivých oxidů ve vzorcích nepatrně kolísá, což může být dáno heterogenitou střepevých hmot, která je typická pro archeologický keramický materiál (vzorky odebrané z různých míst jednoho předmětu se často mírně liší, odlišnost se může ještě zvýšit u materiálu s hrubozrnným ostřivem, kdy analyzované vzorky často neobsahují stejné zastoupení ostřiv). Barvicí složkou střepevých hmot je především  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ , který se u vzorků pohybuje od 5 do 7,5 hm.%. Výjimku tvoří vzorky z 10.–11. století, které mají ca 2 hm.%  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  a 1,2 hm.%  $\text{TiO}_2$  (ostatní vzorky obsahují pouze ca 0,6–0,9 hm.%). Vzorek č. 12 304-3 se od ostatních vzorků nepatrně liší vyšším obsahem  $\text{Al}_2\text{O}_3$  (o ca 5 hm.%). Čtyři vzorky č. 16 874 obsahují o 4 hm.% vyšší množství  $\text{K}_2\text{O}$ . V pražnici č. 16873a byl identifikován vyšší obsah  $\text{CaO}$  až 7,6 hm.% (u ostatních vzorků max. 2,5 hm.%). Oxid  $\text{P}_2\text{O}_5$  byl identifikován ve všech vzorcích a jeho obsah je u většiny vzorků do 0,9 hm.%, výjimkou jsou střepey č. 16864-2 a č. 16873a, které obsahují 1,35, resp. 1,2 hm.%. Kromě keramiky byly hodnoceny také výplně tří nádob a předpokládaná keramická surovina č. 7957. Chemická složení všech tří výplní i keramické suroviny jsou si velmi podobná a leží v obdobné oblasti ternárního diagramu jako vypálené keramické střepey (obr. 7).

Mineralogické složení střepevých hmot bylo hodnoceno na základě difraktogramů (XRD) a následného doplnění o výsledky získané pomocí termických analýz (STA) a optickým mikroskopem (OM).

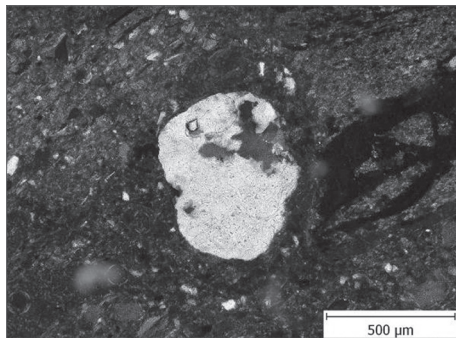
Na obr. 8 jsou uvedeny příklady difraktogramů střepevých hmot z různých časových období a také nevypálené keramické suroviny z 6.–7. století. Všechny vzorky keramických střepeů obsahovaly jako hlavní krystalickou fázi křemen, který byl potvrzen také hodnocením výbrusů či modifikační přeměnou při 573 °C na DSC křivkách. Křemen byl ve střepevých hmotě především ve formě ostrohranných zrn, ale v některých střepech se nacházela také lehce zaoblená zrna, doprovázená drasel-



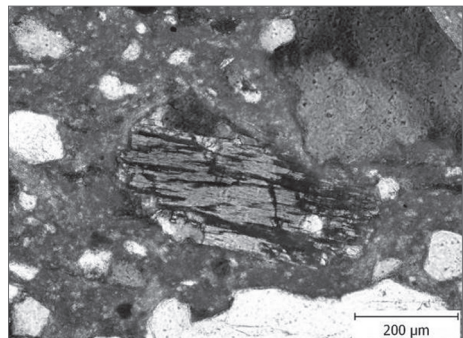
Obr. 9. Výbrus z okraje nádoby vzorku inv. č. 7537 (6.–7. století). Na snímku je patrný vysoký obsah pórů. Foto A. Kloužková.  
Abb. 9. Schliff vom Gefäßrand der Probe Inv.-Nr. 7537 (6.–7. Jhdt.). Auf der Aufnahme ist ein hoher Porengehalt erkennbar. Foto A. Kloužková.



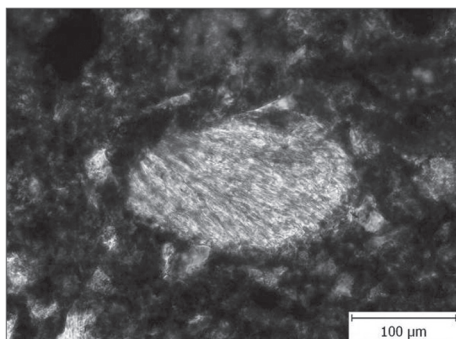
Obr. 10. Výbrus vzorku 12304-3 obsahující zrna křemene a živců, převážně ve formě ortoklasu, v menším množství plagioklasu. Snímek vzorku z 8.–9. století ukazuje, že nádoba nebyla obtáčena – není patrná orientace zrn. Foto A. Kloužková.  
Abb. 10. Schliff von Probe 12304-3, enthält Quarz- und Feldspatkörner, überwiegend in Form von Orthoklas, in geringerer Menge Plagioklas. Die Aufnahme der Probe aus dem 8.–9. Jhdt. zeigt, dass das Gefäß nicht gedreht wurde, es ist keine Orientierung der Körner zu erkennen. Foto A. Kloužková.



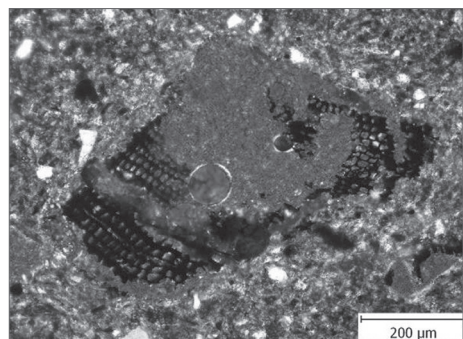
Obr. 11. Výbrus vzorku 16864-2 (6.–7. století). Na snímku uprostřed oválné zrně křemene (XL). Foto A. Kloužková.  
Abb. 11. Schliff von Probe 16864-2 (6.–7. Jhdt.). In der Mitte der Aufnahme ein ovales Quarzkorn (XL). Foto A. Kloužková.



Obr. 12. Výbrus vzorku inv. č. 12539-4 (2. polovina 10.–11. století). Na snímku uprostřed zrně hornblendu (XL). Foto A. Kloužková.  
Abb. 12. Schliff von Probe Inv.-Nr. 12539-4 (2. Hälfte 10.–11. Jhdt.). In der Mitte der Aufnahme ein Hornblendekorn (XL). Foto A. Kloužková.



Obr. 13. Výbrus vzorku inv. č. 16873 (8.–9. století). Na snímku uprostřed sparitický kalcit. Foto A. Kloužková.  
Abb. 13. Schliff von Probe Inv.-Nr. 16873 (8.–9. Jhdt.). In der Mitte der Aufnahme sparitischer Calcit. Foto A. Kloužková.



Obr. 14. Výbrus vzorku č. 16873 (8.–9. století) obsahující zbytky zuhelnatělých organických látek. Foto A. Kloužková.  
Abb. 14. Schliff von Probe Nr. 16873 (8.–9. Jhdt.), enthält Reste von verkohlten organischen Stoffen. Foto A. Kloužková.

nými živci a plagioklas. Pomocí OM bylo zjištěno, že draselné živce se nacházely především ve formě ortoklasů, charakteristická byla silná pertitizace, tj. prorůstání draselného živce sodným plagioklasem (Petránek 1993, 153), některé nesly známky sericitizace – pochod při vzniku sericitu, v tomto případě ze živců (Petránek 1993, 184). Obsah živců v jednotlivých vzorcích značně kolísal (viz pozice ca 27–28 °2Theta na obr. 8). Nejvíce draselných živců bylo identifikováno u vzorků z objektu 1919 z 8.–9. století.

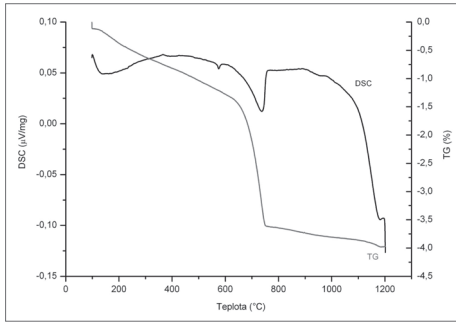
Mezi další doprovodné minerály patřila slída, a to ve formě muskovitu a/nebo biotitu (pozice ca 8,8 °2Theta, XRD záznam). Slída nebyla identifikována v přepálené nádobě, ve vzorcích z 10.–11. století se nacházela pouze ve stopovém množství a u všech vzorků z 8.–9. století byl její obsah nejvyšší. To odpovídá z větší části i vizuálním zjištěním, že keramika z 8.–9. století je slídnatá na úrovni celočekké. Vzorky č. 16864-2, č. 7452 (6.–7. století), č. 08/8, č. 16874-1, 2, č. 16873 (8.–9. století) a č. 12327-9 (10.–11. století) obsahovaly amfibol, který byl pomocí XRD a OM určen jako obecný amfibol. Uhlíčen ve formě kalcitu byl ojediněle identifikován pomocí XRD, mikroskopicky byl prokázán u vzorků č. 16864-1, 2 (6.–7. století), č. 16874-5, č. 16873 (8.–9. století), č. 12539-4 (10.–11. století). Nejvíce kalcitu bylo stanoveno v pražnici č. 16873, části označené a. Ve vzorcích č. 8714 (6.–7. století) a 12304-3 (8.–9. století) byl identifikován kaolinit. Nejvíce se lišil vzorek č. 7537, který byl druhotně přepálen a kromě křemene a živce obsahoval spinel a enstatit (avšak nikoliv mullit) a jeho mikrostruktura byla zcela odlišná v porovnání s ostatními vzorky (obr. 9), vykazovala tzv. termální gradient (Thér 2009, 242, 245).

Z pozorování výbrusů OM vyplynulo, že ve vzorcích archeologické keramiky byly identifikovány obdobné minerály a úlomky hornin. Většina vzorků obsahovala jako ostřivo zrna, popř. polyminerální zrna křemene a živců, převážně ve formě ortoklasu, v menším množství plagioklasu (obr. 10). Zrna ostřiva byla jak zaoblená, tak ostrohranná. Větší obsah zaoblených křemenných zrn (obr. 11) byl pozorován u vzorků z 6.–7. století (kromě vzorků z objektu 1963: č. 16864-1, 2), lze tedy předpokládat ostření pískem. Vzorky z 8.–9. století obsahují větší množství ostrohranného ostřiva a u vzorků z 10.–11. století ostrohranná zrna křemene spíše převažují. Tyto vzorky mohly být ostřeny i drcenými horninami. Častou příměsí byl také hornblend, jde o vzorky č. 08/8, č. 16874-1, 2, 3, 5, č. 16873, obě části, č. 12327-9, č. 12539-4 (obr. 12), a kalcit, především mikritický, ten byl prokázán u vzorků č. 16864-1, 2 (6.–7. století), č. 16874-5, č. 16873 (8.–9. století), č. 12539-4 (10.–11. století). Sparitický kalcit (obr. 13) byl mikroskopicky identifikován ve střepových hmotách vzorků č. 16864-2, č. 16874-2, č. 16873, část a. Jako ostřicí část byly identifikovány úlomky kvarcitu (křemence), jílových břidlic a úlomky droby. Při porovnání orientace střepové hmoty bylo možné u vzorků z 6.–9. století pozorovat méně výraznou orientaci než u vzorků z 10.–11. století. Téměř všechny vzorky vykazovaly opticky aktivní matrix, u vzorků z 10.–11. století nebyla optická aktivita tak výrazná jako u starších vzorků. U některých vzorků (např. vzorek č. 16873, 8.–9. století) byly identifikovány zbytky zuhelnatělých organických látek (obr. 14).

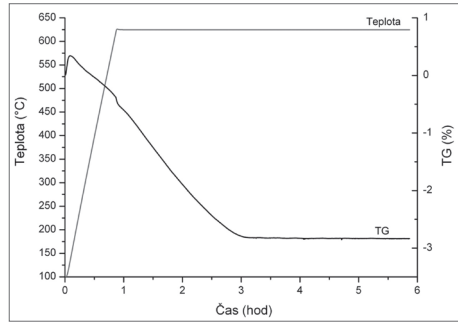
Procesy rozkladu kalcitu u pražnice (vzorek č. 16873a) a dehydroxylace kaolinitu u nevytápěné keramické suroviny č. 7957 a nádoby č. 8714 (6.–7. století) byly dále studovány pomocí STA (režim DSC-TG). U pražnice 16873, část a (obr. 15), došlo v teplotním intervalu ca 620–760 °C při standardní rychlosti ohřevu (10 °C.min<sup>-1</sup>) k rozkladu kalcitu se ztrátou hmotnosti 2,3 hm. % (z teoretického složení kalcitu to odpovídá ca 5 hm. % kalcitu v hodnoceném materiálu). Z izotermního měření práškového vzorku při teplotě 620 °C (rychlost ohřevu 10 °C.min<sup>-1</sup>) bylo zjištěno, že k celkovému rozkladu kalcitu dochází za uvedených podmínek po zhruba dvou hodinách izotermní prodlevy (obr. 16). U vzorku č. 12539-4 (10.–11. století) byl kalcit prokázán až metodou STA s detekcí plynných produktů hmotnostním spektrometrem (detekce CO<sub>2</sub>).

Pro porovnání teplot rozkladu kalcitu byly měřeny DSC křivky při různých rychlostech ohřevu (obr. 17). Z průběhu křivek je patrný známý jev, kdy s rostoucí rychlostí ohřevu dochází k posunu studovaného děje k vyšším hodnotám teplot.

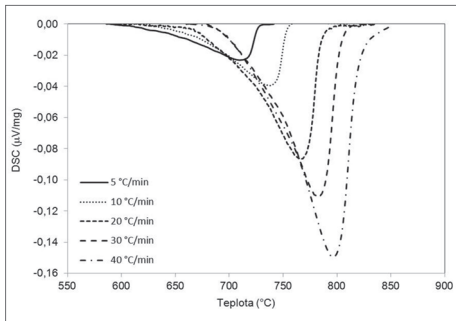
Proces dehydroxylace (uvolňování hydroxylově vázané vody) kaolinitu byl studován na nevytápěné keramické surovině (obr. 18) a u vzorků z různých částí nádoby č. 8714. Výřez z DSC křivky nevytápěné keramické suroviny dokumentuje proces dehydroxylace kaolinitu v teplotním intervalu ca 370–570 °C, vrchol píku je při 491 °C (obr. 19). Na této křivce je dále patrný



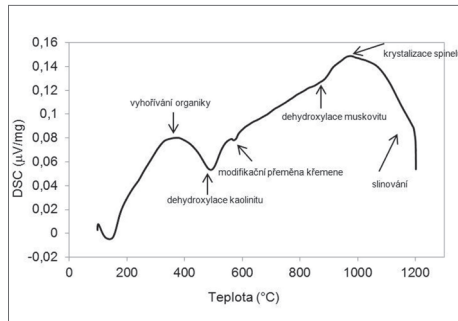
Obr. 15. Termické křivky DSC-TG vzorku pražnice 16873 části a.  
Abb. 15. DSC-TG-Kurve von Probe Nr. 16873 (Darre) von Teil a.



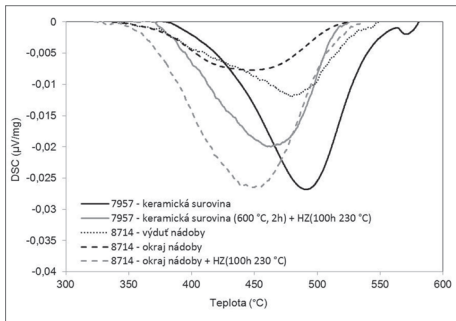
Obr. 16. Termická křivka TG vzorku pražnice 16873 části a při izotermním měření.  
Abb. 16. TG-Kurve von Probe Nr. 16873 (Darre) von Teil a bei isothermer Messung.



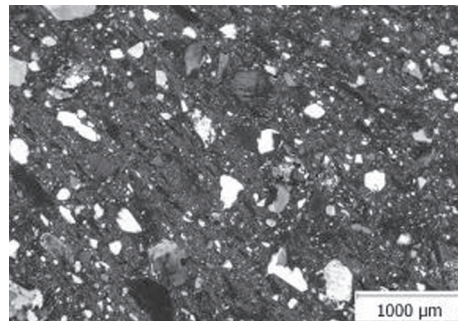
Obr. 17. Termické křivky DSC vzorku pražnice 16873 části a měřené při různých rychlostech ohřevu.  
Abb. 17. DSC-Kurve von Probe Nr. 16873 (Darre) von Teil a, gemessen bei verschiedenen Aufwärmgeschwindigkeiten.



Obr. 18. Termické křivky DSC vzorku suroviny (vzorek č. 7957) s popisem probíhajících dějů při výpalu.  
Abb. 18. DSC-Kurve von Probe Nr. 7957 (Keramikrohstoff) mit Beschreibung der beim Brand stattfindenden Ereignisse.



Obr. 19. Termické křivky DSC vzorku suroviny (vzorek č. 7957) a nádoby (č. 8714) před a po stárnutí.  
Abb. 19. DSC-Kurve von Probe Nr. 7957 (Keramikrohstoff) und Nr. 8714 (Gefäß) vor und nach der Alterung.



Obr. 20. Výbrus vzorku č. 12539-4 (2. polovina 10.–11. století). Na snímku je patrná orientace střepevé hmoty i uvnitř vzorku, to svědčí o kvalitnějším a rychlejším obtáčení nádoby. Foto A. Kloužková.  
Abb. 20. Schliff von Probe Nr. 12539-4 (2. Hälfte 10.–11. Jhd.). Auf der Aufnahme ist die Orientierung der Scherbenmasse auch im Innern der Probe erkennbar, das deutet auf eine qualitativ bessere und schnellere Drehung des Gefäßes hin. Foto A. Kloužková.

endotermní pik příslušející modifikační přeměně křemene při ca 573 °C (obr. 18). Předpokládaná surovina byla podrobena nízkoteplotní kalcinaci (600 °C po dobu 2 hod) a následně rehydroxylaci pomocí hydrotermálního zatížení. Tímto způsobem bylo simulováno stárnutí archeologického keramického materiálu. DSC křivka produktu rehydroxylace má interval dehydroxylace

posunutý k nižším hodnotám do rozmezí 355–525 °C a teplota maxima píku je o ca 30 °C nižší, tj. 460 °C. Tyto křivky byly porovnávány s DSC křivkami vzorků odebraných z různých částí nádoby č. 8714. Interval procesu dehydroxylace kaolinitu z výdutě je ca 325–555 °C s maximem při 480 °C. V případě vzorku z okraje byl identifikován posun k hodnotám 325–530 °C s maximem při 450 °C. Maximum DSC píku pro nádobu č. 12304 bylo při 444 °C.

U laboratorně zhotovených vzorků byly použitím reoxidace v závěrečné fázi výpalu připraveny střepevé hmoty s povrchovými úpravami obdobného typu jako vlastní archeologické nálezy. Na výbrusech těchto vzorků byla patrná jemnozrnná vrstvička s evidentní orientací střepevé hmoty rovnoběžně s povrchem nádoby. Tato vrstvička svědčí o použití obtáčení,<sup>8</sup> byla identifikována např. na vzorcích č. 08/8, 12304-3, 16864-1 a u dalších vzorků byla v místě dekoru-vlnovky přerušena (např. 16874-2, 5), u vzorků pocházejících ze dna a z vrchních okrajů nebylo možné tuto vrstvičku identifikovat. U vzorku č. 12539-4 (10.–11. století), který vykazoval i orientaci středové střepevé hmoty (viz obr. 20), se orientované vrstvičky nacházely z obou stran.

To je zřejmě důležitý rozdíl mezi různou intenzitou formování na hrnčířském kruhu, při vizuálním posuzování okrajů nádob též považujeme za obtáčené ty, kde je možno horizontální rýžky sledovat z obou stran. Jinak je tomu však v nižší partii plecí a výduti nádoby. K jiným obtáčeným střepům 8. století a jejich orientaci jen v povrchových částech střepu srov. práci V. Hanykýře, M. Maryšky a N. Profantové (2002, 495); k rozdílům v orientaci zrn u keramiky z poloviny 9. až počátku 10. století na příkladu Klecan srov. práci A. Kloužkové, V. Hanykýře a M. Bartušky (2010, 43) – zde jde o nádoby z hrobů.

U mladších vzorků z objektů 1661 a 1700 byl proveden přepal v oxidačních podmínkách, barevná změna ze světle šedé do narůžovělé potvrzuje předpoklad o redukčním výpalu těchto zlomků.

## Diskuse a závěr

U hodnoceného materiálu, souboru 18 keramických střepů z lokality Roztoky u Prahy datovaných do 2. poloviny 6. století až 11. století, bylo prokázáno, že jejich střepevé hmoty mají obdobné chemické složení. Mírné rozdíly jsou dány heterogenitou archeologického keramického materiálu, tyto rozdíly jsou však nepodstatné a lze uvažovat o původu nádob z jedné lokality.

Všechny vzorky keramických střepů obsahují jako hlavní krystalickou fázi křemen, který je doprovázen draselnými živci a směsnými živci z řady plagioklasů. Nejvyšší obsah draselných živců byl identifikován u vzorků z objektu 1919 z 8.–9. století. Slída byla identifikována téměř ve všech vzorcích ve formě muskovitu a/nebo biotitu. Nejvíce slídy bylo nalezeno ve vzorcích z 8.–9. století, které byly záměrně doostřovány horninami s vyšším obsahem těchto minerálů. Ve vzorcích z 10.–11. století byla slída ve stopovém množství a ve vzorku č. 7537 (z 6.–7. století) vzhledem k jeho sekundárnímu přepalu nebyla identifikována. Ve střepevé hmotě nálezů č. 8714 (d. 1294.1, 6.–7. století) a 12304-3 (8.–9. století) byl identifikován jílový minerál kaolinit a u vzorků č. 16864-2, 7452 (6.–7. století), č. 08/8, č. 16874-1, 2, č. 16873 (8.–9. století) a č. 12327-9 (10.–11. století) amfibol, především ve formě hornblendu. Nízký obsah uhličitanu ve formě mikritického kalcitu byl identifikován u vzorků č. 16864-1 (6.–7. století), č. 16873 (8.–9. století), č. 12539-4 (10.–11. století). Lze předpokládat, že přítomnost mikritického kalcitu zejména u vzorku č. 12539-4 (10.–11. století) byla způsobena rekrystalizací vlivem působení půdní vlhkosti na produkty rozkladu primárního kalcitu. Nejvíce kalcitu (mikritického i sparitického) bylo stanoveno v pražnici 16873, část a.

Z geologických map (Geologická mapa Roztok u Prahy) a publikovaných údajů (Kuna–Němcová a kol. 2012, 11–12, 264–271; Kuna–Profantová a kol. 2005, 264–274) vyplývá, že údolí v okolí lokality je tvořeno mladšími proterozoickými horninami, zejména jílovitými břidlicemi, drobnými, silicity a vulkanogenními horninami. Údolní dno pokrývají kvartérní fluvialní převážně písčito-hlinité sedimenty, redeponované spraše a sprašové hlíny (zejména v severní oblasti lokality) a písčité náplavy typu tzv. overbank sedimentů (Kuna–Němcová a kol. 2012, 12).

<sup>8</sup> Pro obtáčení svědčí i archeologické poznatky, jako je pravidelné provedení výzdoby hřebem apod., důležitý je tento poznatek u nezdobeného okraje 16874-1; i v tomto případě se poznatky shodují s předběžným archeologickým pozorováním (viz tab. I). Obtáčení bylo prokázáno mikroskopickým pozorováním, pro kvalitní prezentaci je třeba barevný tisk.

Všechny písčité sedimenty této lokality jsou velmi slídnaté (Kuna a kol. 2010, 8–10). Vzhledem k tomu, že ve střepových hmotách byly identifikovány písčité frakce a úlomky hornin typu jílových břidlic a drob, lze předpokládat lokální zdroj surovin (není tím však zcela vyloučen import keramiky obdobného složení).

V části vzorků se vyskytují minerály související s podložím tvořeným žilným bazaltem nebo tonalitovým porfylytem, tj. hornblend a pyroxen. Veškeré nálezy obsahující vápenatou složku pocházejí ze severní části areálu. Vidíme v tom souvislost s lokální přítomností spraši a sprašových hlín v této části naleziště. Jílové minerály (např. kaolinit) obsažené v plastické složce přítomné v surovině nalezené v jižní části naleziště byly prokázány i ve střepích ze stejného období ze stejné části naleziště (viz dále). I v tomto případě lze uvažovat o možnosti použití plastických surovin pocházejících z místních sedimentů.

Nejvíce se od ostatních střepů odlišoval vzorek č. 7537, který byl pravděpodobně druhotně přepálen při požáru: měl deformovaný tvar, místy struskovitý povrch a patrné pukliny způsobené uvolňováním plynných produktů rozkladu surovin (především  $\text{CO}_2$ ). Přítomnost puklin se projevila nižší hodnotou objemové hmotnosti a vyšší hodnotou nasákavosti dané střepové hmoty oproti vzorku odebranému z místa, které nebylo pravděpodobně přímo vystaveno požáru (odvrácená strana nádoby). Na základě analýz, které prokázaly, že kromě křemene a živce obsahovala střepová hmota minerály spinel a enstatit, lze konstatovat, že nádoba byla při požáru vystavena teplotě ca 950–1050 °C.

Zajímavým studovaným materiálem byly dva úlomky pražnice, z nichž jeden obsahoval ve střepové hmotě kalcit, jehož rozklad byl sledován pomocí termických analýz. Dle literatury (Bareš–Lička–Růžičková 1981, 137–227) při výpalu na otevřeném ohništi či zahloubené jámě byla prokázána možnost vzestupu teploty až ca 30 °C.min<sup>-1</sup> na teplotu 600–850 °C s prodlevou 1–2 hod. Termické analýzy práškového vzorku pražnice prokázaly, že rozklad kalcitu výrazně ovlivňuje rychlost ohřevu a doba výdrže. Pokud výpal probíhá rychlostí ohřevu 10 °C.min<sup>-1</sup> s konečnou teplotou na 600 °C, lze po výpalu primární kalcit pomocí STA nebo OM identifikovat, pro metodu XRD by byla pravděpodobně koncentrace kalcitu (v analyzovaných vzorcích) pod mezí detekce. Při rychlosti ohřevu 30 °C.min<sup>-1</sup> probíhal rozklad až od 700 °C. Je však nutné brát v úvahu i případný vliv velikosti zrn kalcitu. (Z tohoto důvodu nelze jednoznačně stanovit teplotu výpalu vzorků obsahujících kalcit do počátku rozkladu kalcitu 600 °C.) Analýzy potvrdily předpoklad, že dva úlomky pražnic z téhož domu pocházely ze dvou různých pražnic.

U pražnice lze předpokládat, že vzhledem k jejímu používání (tj. několikanásobným dlouhodobým ohřevům při pražení obilí) nebylo možné již hydrotermálním zatížením prokázat přítomnost kaolinitu ve střepu. Lze však podpořit předpoklad, že byla vypalována až v průběhu pražení. Poměrně nízkou teplotu výpalu potvrzuje nejenom přítomnost primárního kalcitu, ale rovněž i zuhelnatělých zbytků organické hmoty. Ty byly identifikovány i v dalších vzorcích (nejenom z 8.–1. poloviny 9. století, ale častěji z 6.–7. století).

Z archeologického hlediska je unikátním nálezem keramická surovina, inv. č. 7957, která byla porovnána s keramickými střepy především z 6.–7. století nalezenými ve stejné oblasti, tj. v jižní části lokality. Analýzy prokázaly, že má po tepelném zpracování podobné složení jako keramické střepy, a proto lze předpokládat, že tento typ materiálu mohl být součástí vstupních surovin u keramických vzorků nalezených v této lokalitě. Jde pravděpodobně o ojedinělou původní keramickou surovinovou hmotu z této oblasti. Z tohoto důvodu byla použita ke studiu dehydroxylace jílové složky u ostatních keramických střepů.

Projev stárnutí keramického střepu byl sledován na zbytku nádoby č. 8714 a nevypálené keramické surovině č. 7957, obojí z 6.–7. století. Bylo prokázáno, že kaolinit identifikovaný v okrajové části nádoby byl sekundárního původu, resp. byl produktem rehydroxylace, neboť má pík na DSC křivce v podobných pozicích jako vzorek rehydroxylované keramické suroviny. Oproti tomu kaolinit identifikovaný ve výdutí nádoby byl primárního původu, tj. pocházel z jílových surovin, u kterých neproběhlo dostatečně intenzivní tepelné zatížení. Tato skutečnost také dokazuje velmi nerovnoměrný nízkoteplotní výpal pro 6.–7. století. Vzhledem k tomu, že nádoby byly v peci/milíři skládány na sebe, lze se setkat s přítomností kaolinitu v té části nádoby, která byla umístěna v chladnějším pálícím prostoru (dno, popř. okraj pece, resp. milíře či překrytého

ohnišť). S uložením nádob v peci, popř. jejím překrytím jinou nádobou souvisí i zbarvení povrchové vrstvy, které bývá ovlivněno reoxidací v závěru výpalu. U mladších vzorků tento projev není patrný. Šedivé zbarvení mladších střepů bylo dáno nejenom jejich chemickým složením, ale pravděpodobně i vyšší teplotou výpalu v mírně redukčním prostředí bez závěrečné reoxidace. Tento předpoklad byl potvrzen laboratorním přepalem v oxidačních podmínkách při 850 °C.

Nejdůležitější technologickou změnou proběhnuvší v 7. století je nástup obtáčené keramiky. Ten byl zaznamenán vizuálně (husté rýžkování vně i uvnitř okrajů), minimálně u čtyř vzorků (zdobených i nezdobených – např. obj. 1626, 1919) byl podpořen identifikováním orientované vrstvičky na okraji výbrusu. Podobné detaily byly zaznamenány u vzorků z Doubravčic.

Na základě provedených analýz lze říci, že vzorek č. 8714 byl vypálen pod teplotou dehydroxylace kaolinitu, tj. maximálně ca 600 °C. Vzorek přepálené nádoby byl vypálen na teplotu max. ca 1050 °C. Ostatní vzorky byly vypáleny max. do teploty ca 850 °C, ty, co obsahovaly primární kalcit, při teplotách ještě nižších v závislosti na pálicích podmínkách (tj. na rychlosti ohřevu a délce výpalu). U mladších vzorků, zlomků z objektů 1661 a 1700 byl barevnou změnou při přepálení v oxidačních podmínkách potvrzen předpoklad o jejich redukčním výpalu.

Intenzivnější míra obtáčení je stejně patrná u vzorků z 10.–11. století v Roztokách i v Klecanech na hradišti (vzorky 5–7). Způsob vytváření hrnčiny byl téměř totožný (výrazná orientace pórů a ostřiva). Zbarvení střepové hmoty svědčící o redukčním výpalu je také obdobné. V případě nejmladší keramiky je počet vzorků příliš nízký a v budoucnu bude řešení vybraných otázek vyžadovat širší srovnání s dalšími lokalitami, jako jsou Levý Hradec a Praha.

## Literatura

- BAREŠ, M.–LIČKA, M.–RŮŽIČKOVÁ, M. 1981: K technologii neolitické keramiky I, SbNM 35/3–4, 137–227.
- BARTUŠKA, M., 2005: Technologie výroby keramických nádob 1–2. In: Kuna, M.–Profantová, N. a kol., Počátky raného středověku v Čechách – The Onset of the Early Middle Ages in Bohemia, 243–246. Praha.
- ČIHÁKOVÁ, J., 2002: K dosavadnímu poznání raně středověké Malé Strany, AR LIV, 738–752.
- ČIHÁKOVÁ, J.–RŮŽIČKOVÁ, E.–ZEMAN, A., 1995: Petrographische Erforschung der frühmittelalterlichen Keramik aus dem Prager Suburbium und Bewertung der Anwendung ihrer Ergebnisse in der Archäologie. In: Slawische Keramik im Mitteleuropa vom 8. bis zum 11. Jahrhundert II. (Poláček, L., ed.), 203–211. Brno.
- DVORSKÁ, J., 2001: Experimentales Brennen von Keramik – eine naturwissenschaftliche Studie – Experimentální výpaly keramiky – přírodovědná studie, AR LIII, 45–58.
- GEOLOGICKÁ MAPA ROZTOK U PRAHY: <http://www.geology.cz/app/ciselniky/lokalizace/>, cit. 13. 12. 2013.
- HANYKÝŘ, V.–KUTZENDÖRFER, J., 2008: Technologie keramiky. Praha.
- HANYKÝŘ, V.–MARYŠKA, M.–NOVOTNÁ, M., 2005: Technologie výroby keramických nádob 3. In: Kuna, M.–Profantová, N. a kol., Počátky raného středověku v Čechách – The Onset of the Early Middle Ages in Bohemia, 247–249. Praha.
- HANYKÝŘ, V.–MARYŠKA, M.–PROFANTOVÁ, N., 2002: Mikroanalýzy keramických zlomků z Doubravčic, okr. Kolin, Archeologie ve středních Čechách 6, 493–497.
- HEROLD, H., 2001: Experimente zur handgeformten awarenzeitlichen Keramik von Zillingtall (Burgenland). In: Experimentelle Archeologie. Einen Versuch ist es Wert. Archeöl. Österreichs 12 (Grömer, K.–Löcker, K.–Mehöfer, M., edd.), 29–33. Wien.
- 2010: Zillingtall (Burgenland). Die awarenzeitliche Siedlung und die Keramikfunde des Gräberfeldes I. Mainz.
- KLOUŽKOVÁ, A.–HANYKÝŘ, V.–BARTUŠKA, M., 2010: Pohřebiště Klecany I a hradiště Klecany. In: Profantová, N. a kol., Klecany. Raně středověká pohřebiště II, 39–48. Praha.
- KRÜGER, B., 1967: Dessau-Mossigkau. Ein frühslawischer Siedlungsplatz im mittleren Elbgebiet. Berlin.
- KUNA, M., 2010: Zpráva o ZVA provedeném v letech 2006–2010 na základě smlouvy č. 750038 na stavbě přeložky silnice II/242 v Roztokách, okr. Praha-západ, Investorská zpráva č. j. TX – 2011-0041 ulož. v ARÚ AV ČR, Praha, v. v. i.

- KUNA, M.–NĚMCOVÁ, A. a kol., 2012: Výpověď sídlištního odpadu. Nálezy z pozdní doby bronzové v Roztokách a otázky depoziční analýzy archeologického kontextu. Praha.
- KUNA, M.–PROFANTOVÁ, N. a kol., 2005: Počátky raného středověku v Čechách – The Onset of the Early Middle Ages in Bohemia. Praha.
- 2007: Sídliště kultury pražského typu v Roztokách. Výzkum na stavbě přeložky silnice v r. 2006, Zprávy ČAS, 33–34.
- 2011: Prague type culture houses. Aspects of form, function and meaning, *Histria Antiqua* 20, 415–429.
- PLEINER, R., 1988: Brennversuche in einem nachgebildeten slawischen Töpferofen, *SlArch* XXXVI, 299–307.
- POULÍK, J., 1985: Svědectví výzkumů a pramenů archeologických o Velké Moravě. In: Poulík, J.–Chropovský, B., *Velká Morava a počátky československé státnosti*, 9–80. Praha.
- PROFANTOVÁ, N., 2005: Nové objekty kultury s keramikou pražského typu z Roztok u Prahy – Neue Objekte der Kultur mit Keramik des Präger Typus aus Roztoky bei Prag, *PA* XCVI, 127–164.
- 2009: Kultura s keramikou pražského typu a problém šíření slaviny do střední Evropy. K článku Florina Curty – The prague-type pottery culture and the problem of diffusion of Slavinity into central Europe. On the article by Florin Curta, *AR* LXI, 303–330.
- v tisku: Chronologie časně slovanského a starohradištního osídlení (2. pol. 6.–pol. 9. stol.) – příklad Prahy a jejího zázemí, *Archeologica Pragensia*.
- QUINN, P. S., 2013: *Ceramic Petrography. The Interpretation of Archaeological Pottery & Related Artefacts in Thin Section*. Oxford.
- THÉR, R., 2004: Experimentální výpaly keramiky v uzavřených vypalovacích zařízeních z období neolit-halštát, *Živá archeologie* 5, 293–121.
- 2009: Technologie výpalu keramiky a její vztah k organizaci a specializaci ve výrobě keramiky v kontextu kultur popelnicových polí. Disertační práce uložená na [www.muni.cz/thesis/](http://www.muni.cz/thesis/), Masarykova univerzita.
- VLČKOVÁ, V., 2013: Analýza složení a mikrostruktury archeologické keramiky z Roztok u Prahy. Magisterská diplomová práce uložena v Ústavu skla a keramiky VŠCHT Praha.
- VLKOLÍNSKÁ, I., 2002: Pece z lokality Nitra, poloha Lupka, *ŠZ* 35, 229–245.
- ZEMENOVÁ, P.–KLOUŽKOVÁ, A.–KOHOUTKOVÁ, M., 2012: Ageing of low-firing prehistoric ceramics in hydrothermal conditions, *Journal of Processing and Applications of Ceramics* 6/1, 59–64.

### Význam zkratk a symbolů


XRF	rentgenová fluorescenční analýza
XRD	rentgenová difrakční analýza
OM	optická mikroskopie
STA	simultánní termická analýza
TG	termogravimetrie
TGA	termogravimetrická analýza
DTA	diferenční termická analýza
DSC	diferenční skenovací kalorimetrie
SEM/EDS	elektronová mikroskopie, mikrosonda
W	skladovací vlhkost [%]
w	vlhkostní poměr [%]
E	nasákavost [%]
OH	objemová hmotnost [g·cm <sup>-3</sup> ]
P <sub>ap</sub>	zdánlivá pórovitost [%]
d <sub>ap</sub>	zdánlivá hustota [g·cm <sup>-3</sup> ]
m <sub>p</sub>	hmotnost původního, vlhkého vzorku [g]
m <sub>s</sub>	hmotnost vzorku vysušeného do konstantní hmotnosti [g]
m <sub>w</sub>	hmotnost vzorku nasáklého vodou a po otření vlhkou utěrkou zváženého na vzduchu [g]
m <sub>w1</sub>	hmotnost vodou nasyceného vzorku váženého pod vodou [g]
d <sub>H<sub>2</sub>O</sub>	hustota vody při teplotě měření [g·cm <sup>-3</sup> ]


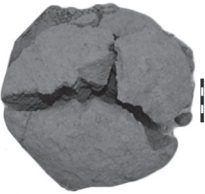
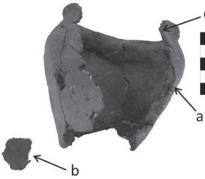


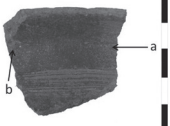
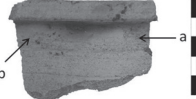


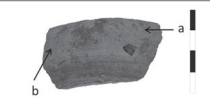
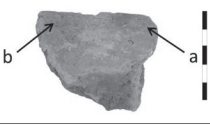

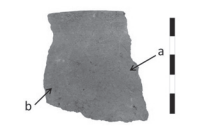
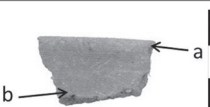
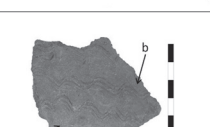
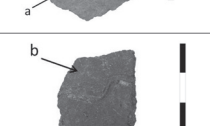
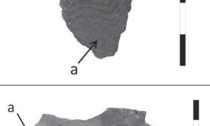
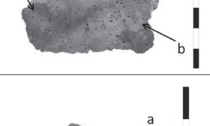
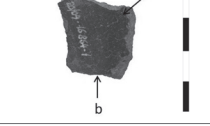
Č. objektu	Typ objektu	Hloubka objektu v cm	Hloubka ker. zloмок	Datování objektu	část zloмок inv. čísla	Obr.	Rok výzkumu
1190	jáma zásobní	150	různé hloubky	KPT	nádoba deformovaná 7537/17 7537/24	4:3	2006
1191	dům	70	podlaha	KPT II	nádoba s výplní 7452	4:1	2006
1204	dům	41/42	nade dnem	KPT	surovina 7957	2	2006
1294.1	dům		uvnitř velké nádoby	KPT	nádoba 8714	4:4	2006
1294.2	dům	27	zapuštěná	KPT I	nádoba s výplní 9714	4:2	2006
1412	dům	42, u V ramene pece	20 cm zapuštěná	KPT II	nádoba s výplní 10334	4:5	2006
1626	jáma, obilnice	min. 140	0–20 cm	konec 7.–8. století	obtáč. a zdobený okraj 12304-3	3:10	2008
1661	jáma	50		10.–11. století	okraj 12539-4	3:11	2009
1700	jáma, obilnice	min. 125		10.–11. století, KO	okraj 12327-9	3:9	2009
1919 /1967	dům	69/30 (většina objektu)	topeniště	konec 7.–8./9. století	obtáč. okraj 16874-2	3:4	2009
1919			topeniště	konec 7.–8./9. století	obtáč. okraj 16874-1	3:7	2009
1919			topeniště	konec 7.–8./9. století	zdobené, obtáčené tělo 16874-5	3:6	2009
1919			topeniště	konec 7.–8./9. století	zdobené, obtáčené podhrdli 16874-3	3:5	2009
1919			topeniště	konec 7.–8./9. století	pražnice 2 okraje 16873	3:1, 3	2009
1963	jáma, narušeno	30		KPT, 6.–7. století	okraj 16864-2	3:2	2009
1/08 Muzeum Roztoky	měličí jáma			9. století	zdobené tělo 08/8		2008

Tab. I. Přehled typů objektů, z nichž byla analyzována keramika či pražnice. U obj. 1919 je datování předběžné, je potřeba analyzovat celý soubor.

Tab. I. Übersicht der Objekttypen, aus denen die analysierte Keramik bzw. Darren stammen. Bei Objekt 1919 ist die Datierung vorläufig, es ist erforderlich, die ganze Kollektion zu analysieren.

Číslo objektu	Inventární číslo nálezu	fotodokumentace	provedená analýza označení odebraného vzorku písmenem
1190	7537 přepálené torzo nádoby		a, b, c – XRF, XRD a – OM přepálený stěp analyzovány dvě části: a – vykazující stopy přepalu, b – nevykazující stopy přepalu

<p>1191</p>	<p>7452 nádoba s výplní</p>		<p>XRF, XRD, OM</p>
<p>1204</p>	<p>7957 surovina</p>		<p>XRF, XRD, TA</p>
<p>1294.1.</p>	<p>8714 nádoba</p>		<p>a, b, c – XRF, XRD a, c – TA b – OM</p>
<p>1294.2</p>	<p>9714 nádoba s výplní</p>		<p>XRF, XRD, OM</p>
<p>1412</p>	<p>10334 nádoba s výplní</p>		<p>XRF, XRD, OM</p>
<p>1626</p>	<p>12304-3 kraj nádoby</p>		<p>a, b – XRF, XRD b – OM</p>
<p>1661</p>	<p>12539-4 kraj nádoby</p>		<p>a, b – XRF, XRD a – OM</p>

1700	12327-9 kraj nádoby		a, b – XRF, XRD b – OM
1919	16873a pražnice okraj		a, b – XRF, XRD b – OM, TA
1919	16873b pražnice okraj		a, b, c – XRF, XRD a – OM
1919	16874-1 okraj		a, b – XRF, XRD b – OM
1919	16874-2 okraj		a, b – XRF, XRD b – OM
1919	16874-3 zdobené tělo		a, b – XRF, XRD b – OM
1919	16874-5 zdobené tělo		a, b – XRF, XRD b – OM
1963	16864-2 okraj		a, b – XRF, XRD b – OM
1963	16864-1 zdobené tělo		a, b – XRF, XRD a – OM
1/08 Muz. Rostoky	08/8 zdobené tělo		a, b, c – XRF, XRD c – OM

Tab. II. Fotodokumentace vzorků s vyznačeným místem odběrů vzorků pro jednotlivé analýzy. Foto L. Svobodová a P. Zemenová.  
Tab. II Fotodokumentation der Proben mit gekennzeichneten Stellen der für die jeweiligen Analysen entnommenen Proben. Foto L. Svobodová und P. Zemenová.

	$W$ [%]	$E$ [%]	$OH$ [g.cm <sup>-3</sup> ]	$P_{ap}$ [%]	$d_{ap}$ [g.cm <sup>-3</sup> ]	$z\bar{z}$ [%]
6.–7. století						
16864-1	1,22	11,23	1,96	22,08	2,52	3,11
16864-2	1,18	15,00	1,82	27,28	2,50	4,10
7537 přepálená část	0,32	28,05	1,42	39,84	2,36	1,04
7537	0,70	12,40	1,99	24,72	2,64	1,27
8714	3,31	10,95	1,88	20,60	2,37	7,14
9714	2,55	13,75	1,71	23,61	2,24	9,24
10334	2,81	14,28	1,87	26,76	2,55	3,13
7452	2,12	15,72	1,82	28,61	2,54	3,01
8.–9. století						
08/8	1,15	12,25	1,95	23,89	2,56	3,38
12304-3	1,61	11,13	1,97	22,01	2,53	2,76
16874-1	0,62	18,08	1,78	32,22	2,62	1,40
16874-2	0,75	16,29	1,85	30,17	2,65	0,44
16874-3	0,50	13,87	1,89	26,24	2,56	0,92
16874-5	0,33	14,03	1,88	26,41	2,55	0,82
16873 část a	0,83	32,46	1,39	45,09	2,53	3,55
16873 část b	0,88	33,21	1,38	45,95	2,55	2,06
10.–11. století						
12327-9	0,29	13,58	1,89	25,75	2,55	1,46
12539-4	0,26	13,14	1,91	25,19	2,56	1,26

Tab. III. Výsledky stanovení parametrů  $W$ ,  $w$ ,  $E$ ,  $OH$ ,  $P_{ap}$ ,  $d_{ap}$  střepových hmot.Tab. III. Ergebnisse der Bestimmung der Parameter  $W$ ,  $w$ ,  $E$ ,  $OH$ ,  $P_{ap}$ ,  $d_{ap}$  der Scherbenmassen.

## Zusammenfassung

### Charakterisierung der chemischen und mineralogischen Zusammensetzung der in Rostoky bei Prag gemachten Keramikfunde aus dem 6.–11. Jahrhundert

Das am linken Moldauufer gelegene Siedlungsareal in Rostoky bei Prag ist eine bekannte polykulturelle Fundstelle (Abb. 1). Ihre bedeutendste Komponente ist die Kultur mit Keramik vom Prager Typ. Durch eine neue Grabung (2006–2010, Archäologisches Institut der Akademie der Wissenschaften der Tschechischen Republik, öffentliche Forschungseinrichtung) wurde die Anzahl aller Objekte dieser Kultur auf 385/390 vergrößert. Erstmals wurden auch jüngere frühmittelalterliche Objekte freigelegt – Gruben aus der älteren Burgwallzeit (RS 2; 8.–1. Mitte 9. Jhdt.) und aus der mittleren Burgwallzeit bis zur anschließenden Periode (10.–11. Jhdt.). In dieser zweiten Etappe wurden 18 Keramikfunde aus 12 Objekten, 6 Häuser und 6 Gruben analysiert (Abb. 2–4; Tab. I). Das Hauptaugenmerk wurde auf die Charakterisierung der Scherbenmassen und auf die Beurteilung ihrer Ähnlichkeit gelegt, ferner wurde folgendes ausgewertet: gefundener Rohstoff (gefunden in einem Haus aus dem 6.–7. Jhdt.), Brandtemperatur, niedrig gebrannte Keramik (Darren), organische Beimischungen und die „Alterung“ archäologischer Keramik, in vorliegendem Fall aus dem Frühmittelalter. Somit haben wir erstmals die Möglichkeit, die Töpferproduktion auf einem einzigen Areal über eine Zeitspanne von fünf Jahrhunderten detailliert zu beobachten.

Das Keramikmaterial wurde mit folgenden Verfahren ausgewertet: XRF-Röntgenfluoreszenzanalyse (Spektrometer ARL 9400 XP+, Software UniQuant 4), XRD-Röntgendiffraktionsanalyse (Diffraktometer PANalytical X'pert Pro, Cu-Anode, Programm X'pertHighScore

Plus), STA-simultane thermische Analyse (Setaram Setsys Evolution 16, DSC-TG-Verfahren, Programme Calisto Data Acquisition und Calisto Processing) und mit einem Polarisationsmikroskop (Olympus BX-60, Programm QuickPhoto Industrial 2. 3. und NIS-Elements).

Mit den durchgeführten Analysen (Tab. II) wurde nachgewiesen, dass die Scherbenmassen ähnliche Parameter haben (Tab. III), die höchsten Wasseraufnahmewerte sind durch die niedrige Brandtemperatur gegeben. Die chemische Zusammensetzung ist ebenfalls sehr ähnlich (Abb. 5–6). Alle Keramikscherbenproben enthalten vor allem die kristallinen Phasen Quarz, Kalifeldspat und Plagioklas (Abb. 7–10). Glimmer wurde in fast allen Proben in Form von Muskovit und/oder Biotit identifiziert. Der meiste Glimmer wurde in den Proben aus dem 8.–9. Jahrhundert entdeckt (entspricht der makroskopischen Feststellung), in den Proben aus dem 10.–11. Jahrhundert wurden Glimmerspuren festgestellt, in der nachgebrannten Probe 7537 wurde kein Glimmer identifiziert (umgekehrt war dort Spinell und Enstatit enthalten). In der Scherbenmasse der Funde Nr. 8714 (6.–7. Jhdt.) und Nr. 12304-3 (8.–9. Jhdt.) wurde Kaolinit identifiziert, und in den meisten Proben Amphibole, vor allem in Form von Hornblende (Abb. 11). Ein niedriger Gehalt an mikritischem Calcit wurde bei den Proben Nr. 16864-1 (6.–7. Jhdt.), Nr. 16873 (8.–9. Jhdt.) und Nr. 12539-4 (10.–11. Jhdt.) identifiziert. Vermutlich wurde sein Auftreten besonders bei der jüngsten Probe durch eine Rekristallisation verursacht, die durch das Einwirken der Bodenfeuchtigkeit auf die Zerfallsprodukte des primären Calcits hervorgerufen wurde. Die thermischen Analysen der Staubprobe der Darre (enthielt mikritischen und sparitischen Calcit; Abb. 12) haben nachgewiesen, dass der Calcitzerfall die Aufwärmgeschwindigkeit und Haltezeit deutlich beeinflusst hat (Abb. 13–17), jedoch muss auch ein eventueller Einfluss der Korngröße des Calcits in Betracht gezogen werden. Die Analysen haben die Vermutung bestätigt, dass zwei Bruchstücke aus demselben Haus von zwei verschiedenen Darren stammten. Bei diesen Gegenständen kann man annehmen, dass es im Hinblick auf ihre Verwendungsart, d.h. mehrfaches langes Aufwärmen beim Rösten von Getreide, durch hydrothermale Belastung nicht mehr möglich war, das Vorhandensein von Kaolinit im Scherben nachzuweisen. Man kann jedoch annehmen, dass sie erst beim Rösten gebrannt wurden. Eine relativ niedrige Temperatur wird auch durch das Vorhandensein von verkohlten Resten organischer Stoffe (Abb. 14) bestätigt, die auch in weiteren Proben identifiziert wurden.

Ein Vergleich des Keramikrohstoffs Nr. 7957 mit Keramikscherben aus dem 6.–7. Jahrhundert hat die Möglichkeit nachgewiesen, dass er an dieser Fundstelle zur Herstellung von Keramik verwendet wurde. Die Alterung des Keramikscherbens wurde am Überrest von Gefäß Nr. 8714 und bei dem ungebrannten Keramikrohstoff beobachtet. Das am Randteil des Gefäßes identifizierte Kaolinit war sekundären Ursprungs (als Produkt einer Rehydroxylation), da es in der DSC-Kurve an vergleichbaren Stellen einen Peak aufweist wie die Probe des rehydroxylierten Keramikrohstoffes (Abb. 18). Der am Gefäßbauch identifizierte Kaolinit war primären Ursprungs, d.h. er stammte von den Tonrohstoffen, bei denen keine ausreichend intensive Wärmebelastung erfolgte. Diese Tatsache beweist auch den sehr ungleichmäßigen Niedrigtemperaturbrand im 6.–7. Jahrhundert. Aufgrund der durchgeführten Analysen lässt sich sagen, dass die Probe mit einer Temperatur gebrannt wurde, die unterhalb der Dehydroxylation von Kaolinit liegt, d. h. höchstens bei ca. 600 °C. Die Probe des nachgebrannten Gefäßes wurde bei einer Temperatur von höchstens ca. 1050 °C gebrannt. Die übrigen Proben wurden maximal bis zu einer Temperatur von ca. 850 °C gebrannt, diejenigen also, die bei niedrigeren Temperaturen in Abhängigkeit von den Brandbedingungen – d.h. von Aufwärmgeschwindigkeit und Branddauer – primären Calcit enthielten. Bei den jüngeren Proben, bei den Bruchstücken aus den Objekten 1661 und 1700 wurde durch die Änderung der Farbe beim Nachbrennen unter Oxidationsbedingungen die Vermutung ihres Reduktionsbrandes bestätigt.

Die wichtigste im 7. Jahrhundert erfolgte technologische Änderung ist das Aufkommen von gedrehter Keramik, was visuell festgestellt wurde (dichte Linierung der Außen- und Innenränder). Bei mindestens vier Proben (verzierte und unverzierte – z.B. Objekt 1626, 1919) wurde dies durch die Identifizierung von orientierten Lamellen am Schliffrand gestützt. Ähnliche Details wurden auch bei den Proben aus Doubravčice (8. Jhdt.) verzeichnet. Ein intensiverer Grad des Drehens ist ebenso erkennbar bei den Proben aus dem 10.–11. Jahrhundert aus Roztoky und

vom Burgwall in Klecany (Proben 5–7). Die Herstellungsart von Töpferware war fast identisch (deutliche Orientierung der Poren und des Magerungsmittels). Die Färbung der auf Reduktionsbrand hindeutenden Scherbenmasse ist ebenfalls ähnlich. Bei der jüngsten Keramik ist die Zahl der Proben zu gering, und in Zukunft wird für die Klärung ausgewählter Fragen ein breiter angelegter Vergleich mit weiteren Fundstellen, wie etwa mit Levý Hradec und Prag, erforderlich sein.

### Bedeutung der Abkürzungen und Symbole

XRF	Röntgenfluoreszenzanalyse
XRD	Röntgendiffraktionsanalyse
OM	Optische Mikroskopie
STA	simultane thermische Analyse
TG	Thermogravimetrie
TGA	Thermogravimetrische Analyse
DTA	Differenz-Thermo-Analyse
DSC	Dynamische Differenzkalometrie (Differential Scanning Calorimetry)
SEM/EDS	Elektronenmikroskopie, Elektronenstrahl-Mikrosonde
W	Lagerfeuchtigkeit [%]
w	Feuchtigkeitsverhältnis [%]
E	Wasseraufnahme [%]
OH	Massendichte [ $\text{g. cm}^{-3}$ ]
P	scheinbare Porosität [%]
$d_{\text{ap}}$	scheinbare Dichte [ $\text{g. cm}^{-3}$ ]
$m_{\text{p}}$	ursprüngliche Masse, der feuchten Probe [g]
$m_{\text{s}}$	Masse der bis zur Massenkostanz getrockneten Probe [g]
$m_{\text{w}}$	Masse der wassergesättigten Probe nach Abwischen mit feuchtem Tuch und an der Luft gewogen [g]
$m_{\text{w1}}$	Masse der wassergesättigten Probe unter Wasser gewogen [g]
$d_{\text{H}_2\text{O}}$	Wasserdichte bei Messtemperatur [ $\text{g. cm}^{-3}$ ]

Ing. Alexandra **Kloužková**, CSc., Vysoká škola chemicko-technologická v Praze, Ústav skla a keramiky, Technická 5, 166 28 Praha, [alexandra.klouzkova@vscht.cz](mailto:alexandra.klouzkova@vscht.cz)

Ing. Petra **Zemenová**, Vysoká škola chemicko-technologická v Praze, Ústav skla a keramiky, Technická 5, 166 28 Praha, [petra.zemenova@vscht.cz](mailto:petra.zemenova@vscht.cz)

PhDr. Naďa **Profantová**, Archeologický ústav AV ČR Praha, v. v. i., Letenská 4, 118 01 Praha 1, [profantova@arup.cas.cz](mailto:profantova@arup.cas.cz)

