

# NOVÉ ARCHEOMETALURGICKÉ NÁLEZY Z AREÁLU KLEMENTINA V PRAZE

JAN HAVRDA – JAN ZAVŘEL

**Abstrakt:** Při záchranných archeologických výzkumech na území pražské předlokační aglomerace jsou ze situací datovaných do 11. až 13. století stále ve větší míře získávány nálezy dokládající výrobu a zpracování neželezných kovů. V roce 2017 byl v nevelké zjišťovací sondě na katastru Starého Města, v areálu pražského Klementina, získán další soubor archeometalurgických nálezů souvisejících s neželeznou metalurgií. SEM-EDS analýzy vybraných vzorků doložily na lokalitě specializovanou výrobní činnost, konkrétně výrobu cínového bronzu.

**Klíčová slova:** archeometalurgie – SEM-EDS analýza – výroba bronzu – Praha – 12. století.

## *New archaeometallurgical finds from Klementinum, Prague*

**Abstract:** Rescue archaeological research carried out in the territory of a pre-location agglomeration in Prague and contexts dated to the 11th–13th centuries have been yielding an increasing number of finds confirming the production and processing of non-ferrous metals. In 2017, a relatively small test pit in the cadastral zone of the Old Town, within the Klementinum complex, brought to light another series of archaeometallurgical finds associated with non-ferrous metallurgy. SEM-EDS analyses of selected samples confirmed specialized production activity on the site – the production of pewter bronze.

**Key words:** archaeometallurgy – SEM-EDS analysis – bronze production – Prague – 12th century.

## 1 Úvod

V posledních letech se rozšiřuje pramenná základna týkající se výroby a zpracování neželezných kovů v Praze v průběhu raného středověku. Doklady této specializované výrobní činnosti jsou známy například z vyšehradské akropole (Zavřel–Varadzin 2015, 391) a vyšehradského podhradí (Ettler et al. 2015; Wallisová 2006, 75), z centrální i jižní části Malé Strany (Zavřel–Čiháková–Ježek v tisku; Havrda–Tryml 2013, 125; Zavřel 2013, 219) nebo z Křemencovy ulice na Novém Městě (Vyšohlíd 2018, 32). Z katastru Starého Města jsou známe doklady zpracování neželezných kovů hlavně v jeho západní části, ze širšího okolí Klementina (Havrda–Zavřel 2009). Novými archeometalurgickými nálezy z tohoto území se zabývá i předkládaný text.

## 2 Lokalizace výzkumu – rok 2017

Klementinum, rozsáhlý areál na Starém Městě pražském vymezený ulicemi Seminářskou, Karlovou, Křížovnickou, Platněřskou a na východě Mariánským náměstím (obr. 1), dnes sídlo Národní knihovny, leží na exponovaném místě pražské středověké aglomerace. Místo bylo kontinuálně osídleno nejspíše od 11. století. Předtím, ve druhé polovině 9. a v první polovině 10. století sloužilo jako pohřební areál (Havrda–Žďárská 2017). Osídlení 11. až první třetiny 13. století reprezentují četné archeologicky doložené sídlištní a výrobní objekty. První písemné zmínky o lokalitě se týkají až dominikánského kláštera. Bratři kazatelé sem přišli patrně již ve 30. letech 13. století. Klášter sv. Klimenta, archeologicky objevený v roce 2014, zaujímal takřka celou jižní polovinu areálu dnešního sídla Národní knihovny (Havrda–Kovář–Žďárská 2017).<sup>1</sup>

Zjišťovací archeologický výzkum provedený zde roku 2017 byl součástí předprojektových prací realizovaných před zahájením plánované 3. etapy revitalizace Klementina. Kromě sondy s archeometalurgickými nálezy (sonda S06) situované v hale služeb (obr. 2), která se nalézá na hlavním nádvoří areálu, byly při výzkumu v roce 2017 položeny čtyři sondy na hospodářském dvoře (Havrda–Rüchl 2019).

<sup>1</sup> Celý komplex Klementina je částečně archeologicky prozkoumán (přehledně Havrda 2017, 150; přehled výzkumů viz Havrda–Kovář–Žďárská 2017, 14).



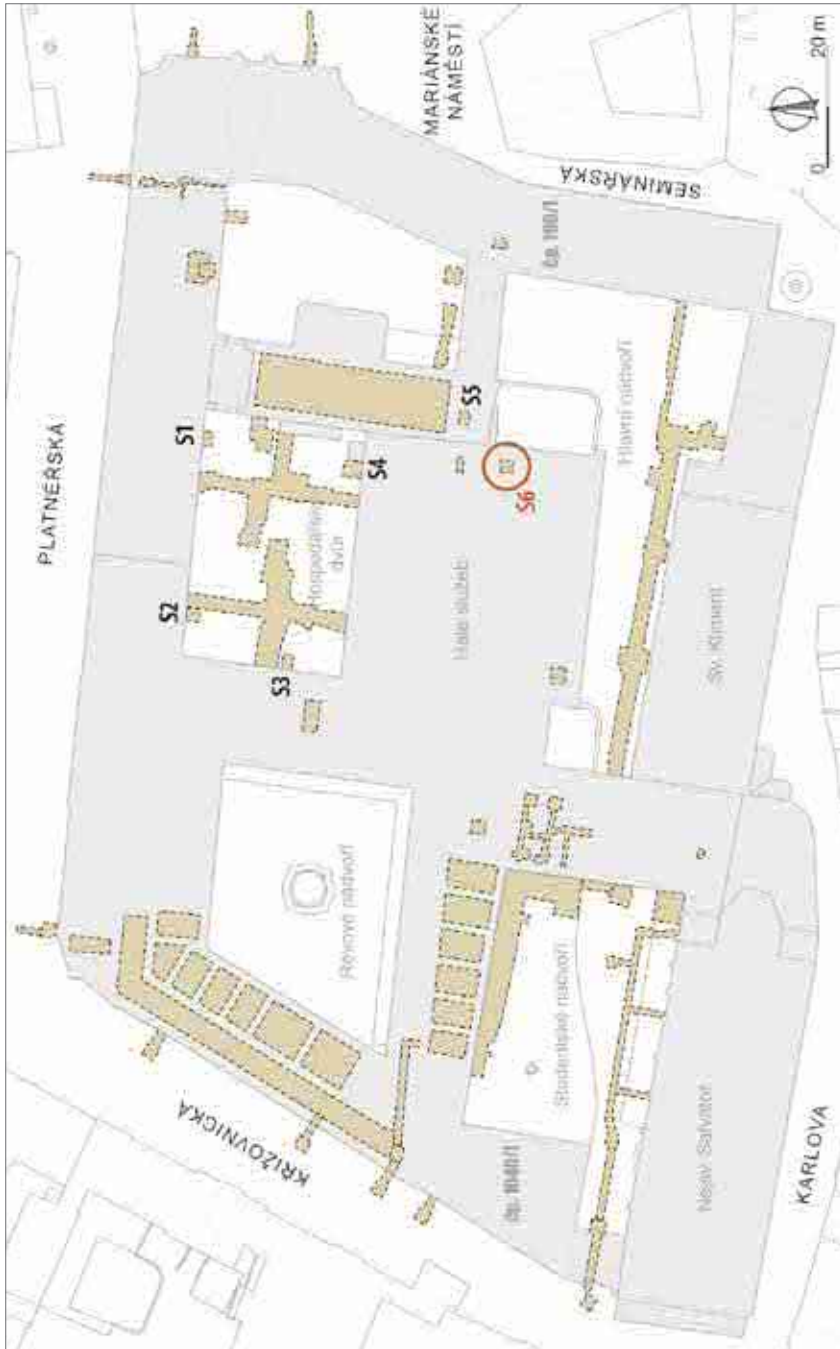
Obr. 1. Staré Město pražské chráněné hradbou dostavěnou v polovině 13. století. Červeně – areál Klementina, světle šedě – osídlení ve 12. až první polovině 13. století. Autorka S. Babušková.

Abb. 1. Von der Mitte des 13. Jhdts. fertiggestellten Stadtmauer geschützte Prager Altstadt. Rot – Areal des Clementinums, hellgrau – Besiedelung im 12. bis erste Hälfte 13. Jhdts. Erstellt von S. Babušková.

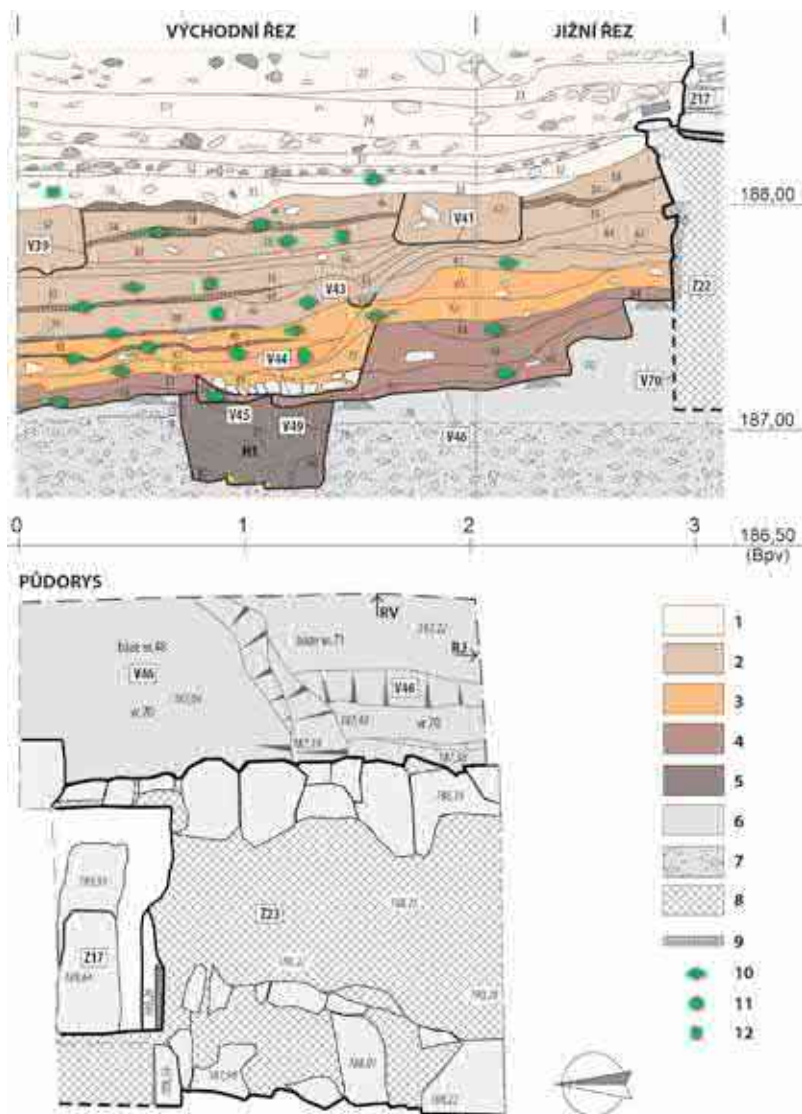
### 3 Terénní situace v místě sondy S06

Sonda S06 byla realizována v severovýchodním rohu haly služeb (obr. 2). Stratigraficky nejstarším objektem, nesouvisejícím s prezentovanou problematikou, byl raně středověký hrob z 10. století (Havrda–Žďárská 2017). Níže prezentované a analyzované archeometalurgické nálezy pocházejí z výplně zahloubeného objektu (výkop V46) s rovným dnem a náznakem schodišťových stupňů v jeho jihozápadní části. Doložené zahloubení činilo 55 cm, předpokládané 80 až 110 cm (obr. 3, 4), neúplná délka pak minimálně 2,9 m. Tvar a velikost objektu, který předběžně interpretujeme jako část dřevohlinitého domu se vstupní šíjí, nebylo možné určit, neboť jeho rozměry přesahovaly plochu sondy. Horizontálně uložené vrstvy ve výplni vypovídají o jeho postupném zaplňování. Zánik objektu je možné na základě fragmentů keramiky (nádoby s archaicky zduřelým okrajem) datovat do druhé poloviny 11. až první poloviny 12. století (obr. 3; 5:46, 48, 50, 51). Už z nejstarší vrstvy u dna pocházejí hrudky a úkapy o vysoké hustotě pokryté modrozelenými sekundárními minerály mědi.

Do této vrstvy zasahoval mírně zahloubený objekt (výkop V44: hloubka 30 cm, jeden rozměr min. 70 cm), jehož dno tvořily vypálené kameny (břidlice, dolerit) o velikosti 5–10 cm.

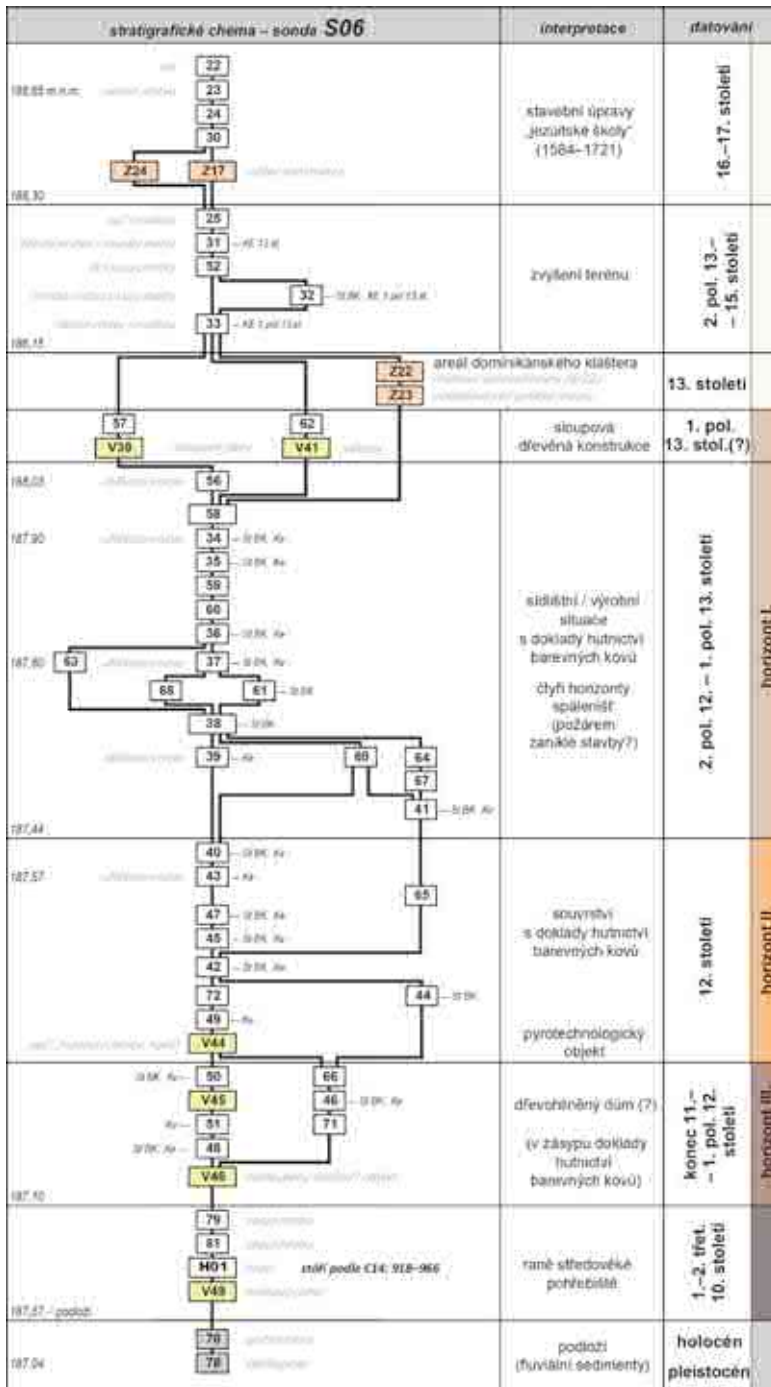


Obr. 2. Areal Klementína na Starém Městě pražském s vyznačením ploch archeologických výzkumů (světle hnědé) a sond realizovaných v roce 2017 – S1 až S6. Autor J. Hlavatý. Abb. 2. Areal des Clementinums in der Prager Altstadt mit Kennzeichnung der archäologischen Grabungsflächen (hellbraun) und der im Jahr 2017 gelegten Sondierschnitten – S1 bis S6. Erstellt von J. Hlavatý.



Obr. 3. Areal Klementina, sonda S06 v severovýchodním rohu haly služeb. Nahoře – východní a část jižního řezu sondy; dole – půdorys. 1 – zvyšování terénu, vrstvy se stavebním odpadem (2. polovina 13. – 17. století), 2 – sídlištní situace (2. polovina 12. – 1. polovina 13. století), 3 – sídlištní situace s pyrotechnologickým objektem (12. století), 4 – sídlištní situace, spodní výplň zahluobeného objektu V46 (2. polovina 11. – 1. polovina 12. století), 5 – raně středověký hrob (10. století), 6 – písčito-hlínité fluvialní sedimenty, 7 – šterkové fluvialní sedimenty, 8 – základové zdivo, stavba v areálu dominikánského kláštera (13. století), 9 – vrstvy s uhlíky, 10 – vrstvy s archeometalurgickými nálezy – výrobním odpadem (útkapy barevných kovů), 11 – vrstvy s archeometalurgickými nálezy – fragmenty výrobních zařízení (kusy vypálené hlíny se struskovitými povlaky a zelenými poprašky), 12 – vrstvy s archeometalurgickými nálezy (zlomky keramiky se struskovitými povlaky). Podle Havrda–Rüchl 2019, 119, upraveno.

Abb. 3. Areal des Clementinums, Sondierschnitt S06 in der nordöstlichen Ecke der Dienstleistungshalle. Oben – östlicher und Teil des südlichen Sondierschnitts; unten – Grundriss. 1 – Geländeerhöhung, Schichten mit Bauabfall (2. Hälfte 13. – 17. Jhdt.), 2 – Siedlungssituation (2. Hälfte 12. – 1. Hälfte 13. Jhdt.), 3 – Siedlungssituation mit pyrotechnologischem Objekt (12. Jhdt.), 4 – Siedlungssituation, untere Verfüllung des eingetieften Objektes V46 (2. Hälfte 11. – 1. Hälfte 12. Jhdt.), 5 – frühmittelalterliches Grab (10. Jhdt.), 6 – fluviale Sand-Lehm-Sedimente, 7 – fluviale Geröllsedimente, 8 – Fundamentmauerwerk, Gebäude im Areal des Dominikanerklosters (13. Jhdt.), 9 – holzkohlehaltige Schichten, 10 – Schichten mit archäometallurgischen Funden – Produktionsabfall (Buntmetallgusstropfen), 11 – Schichten mit archäometallurgischen Funden – Produktionsanlagenfragmente (gebrannte Lehmbrocken mit schlackigen Überzügen und grünem Beschlag), 12 – Schichten mit archäometallurgischen Funden (Keramikfunde mit Schlackenüberzügen). Nach Havrda–Rüchl 2019, 119, bearbeitet.



Obr. 4. Vývojový diagram – stratigrafické schéma sondy S06. StBK – archeometalurgické nálezy (struska, úkapy apod.), Ke – keramika, V – výkop (objekt), Z – zděná konstrukce. Podle Havrda–Rückl 2019, příloha III, upraveno.

Abb. 4. Entwicklungsdiagramm – stratigrafisches Schema von Sondierschnitt S06. StBK – archäometallurgische Funde (Schlacke, Gussstropfen usw.), Ke – Keramik, V – Aushub (Objekt), Z – Wandkonstruktion. Nach Havrda–Rückl 2019, Anhang III, bearbeitet.

V jeho výplni se vyskytovala mazanice a hruška neželezného kovu. V tomto objektu a ve vrstvách, které ho překrývaly, byla nalezena keramika z okruhu tenkostěnných nádob se zduřelým okrajem řazených v rámci pražské sekvence středověké keramiky do 12. století (obr. 3; 5:42, 43, 45, 49).

Nad tímto objektem bylo v ploše 1,5 m<sup>2</sup> dokumentováno ca 0,7 m mocné horizontální souvrství se čtyřmi polohami uhlíků s popelem a častým výskytem dalších archeometalurgických nálezů: střepů běžné keramiky se struskovitými povlaky, kusy šedočerné vypálené a natavené hlíny, kovových hrudek s povlaky zvětralin mědi a struskami. Souvrství datuje keramika s klasicky zduřelým okrajem do druhé poloviny 12. až první třetiny 13. století (obr. 3; 5:35). Další vývoj místa je již spjat s výstavbou kamenných objektů v areálu dominikánského kláštera, při které zanikly všechny starší výrobní i sídlištní objekty (Havrda–Rückl 2019, 49–53).

#### 4 Popis vzorků a výsledky analýz

V referované sondě S06 bylo získáno 103 kusů archeometalurgických nálezů o celkové hmotnosti 950 g. Kromě výrobního odpadu se zde vyskytl i kovový šrot v podobě drátků a plíšků. Obdobný charakter měly i některé nálezy v sondě S04 v jihovýchodním rohu hospodářského dvora vzdálené 20 m od sondy S06 (obr. 2).

Archeometalurgické nálezy byly na základě charakteru rozčleněny do pěti kategorií, vybrané charakteristické exempláře pak analyzovány metodou SEM-EDS<sup>2</sup> v laboratoři Geologického ústavu Akademie věd ČR, v. v. i., v Rozvojové ulici č. 269 Praze 6 – Lysolajích na elektronovém mikroskopu Tescan Vega 3 s detektorem Bruker XFlash 5010 za účasti analytičky Mgr. Š. Křížové a RNDr. J. Zavřela.

##### 4.1 Zlomky běžné keramiky se struskovitými povlaky

Soubor obsahoval celkem pět zlomků běžné raně středověké keramiky druhotně využitých při metalurgických operacích (obr. 6). Jejich velikost obvykle nepřesahovala několik cm<sup>2</sup>, pouze zlomek S06-36-16 byl rozměrnější (ca 75 × 50 mm). Síla střepů se pohybovala od 3 do 12 mm. Všechny zlomky pocházely z nezdobených těl nádob, u jednoho z nich byly dochovány i části dna nádoby (S06-36-16). Tři střepy nahnědlé šedé barvy (S06-34b, S06-35a S06-35b) obsahovaly na vnitřním povrchu různobarevné sklovité struskovité povlaky (tmavě červené, hnědé až šedé) a ojedinělé kulovité útvary (globulky) o průměru do 2 mm, zbarvené zelenými povlaky a obsahující sekundární sloučeniny mědi. Textura povlaků byla značně různorodá, s nepravidelnou pórovitostí a členitým povrchem. Další fragment (S06-33) z větší silnostěnné šedohnědé hrncovité nádoby s hrubším ostřivem pokrývala šedá až šedohnědá tavenina místy se světle šedobílým povlakem, vzácně se šedými sféručkami kovového vzhledu. Tloušťka struskovitého povlaku se pohybovala od 1 do 2 mm. Největší střep (S06-36-16) pochází z běžné hrncovité nádoby se dnem s průměrem ca 70 mm. Oproti ostatním nálezům nemá struska sklovitý charakter. Na vnitřní, mírně žárem postižené stěně i na dně nádoby ulpěly nepravidelné, až 3 mm mocné šedočerné nálepy na povrchu značně členité taveniny pokryté povlakem zelených sekundárních minerálů mědi. Z uvedené skupiny byly blíže analyzovány dva vzorky.

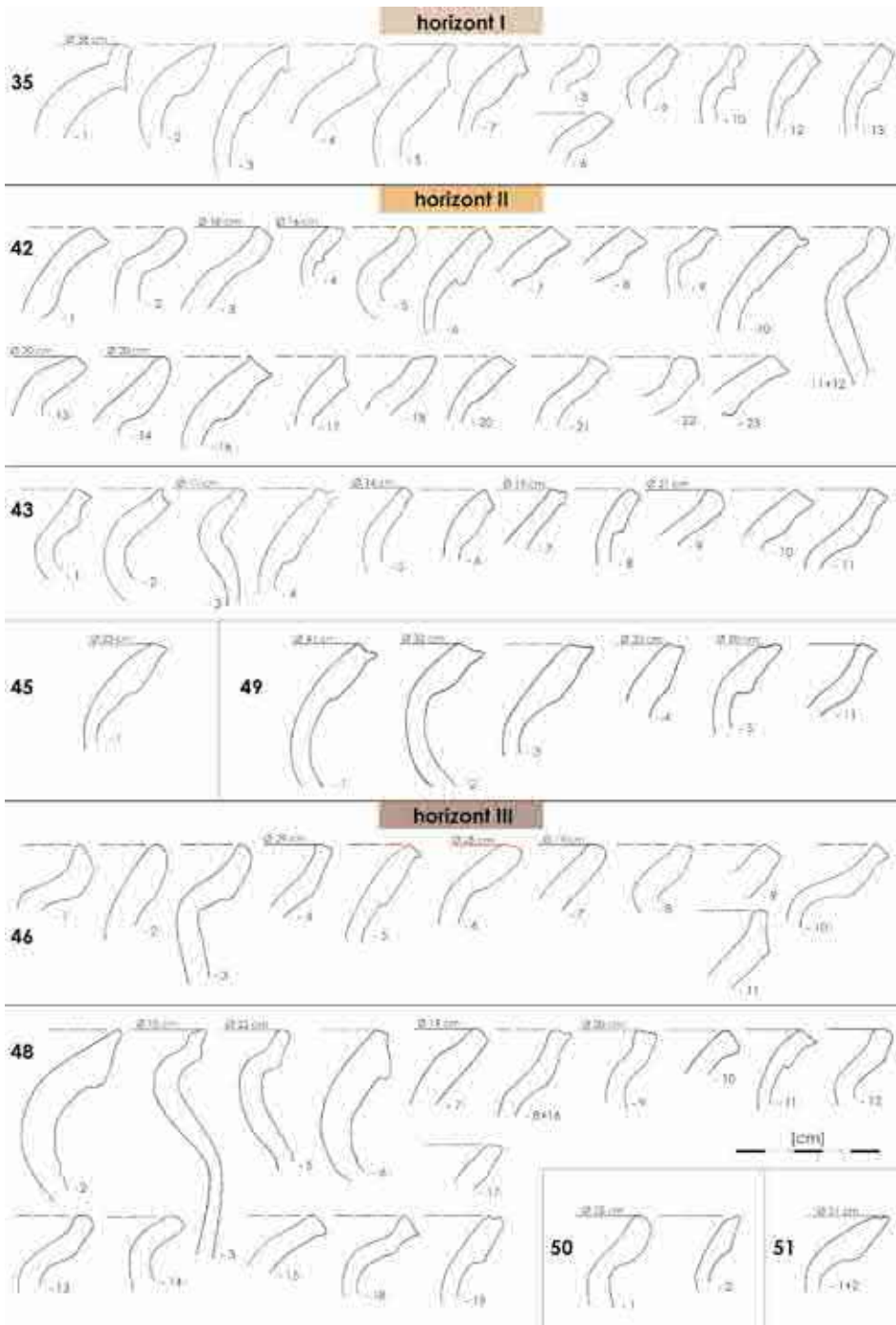
##### *Vzorek S06-35a*

Střep je na vnitřní straně pokryt nesouvislými struskovitými porézními povlaky šedé, tmavě hnědočervené až světle zelenohnědé barvy, místy se skelným leskem. Ojediněle jsou přítomny kulovité útvary (globulky) o průměru do 2 mm pokryté modrozelenými sekundárními minerály mědi. Na vnější straně má střep místy žárem slabě zesklovatělý povrch (obr. 6).

Kompaktní partie strusky mají složení křemičito-olovnato-vápenato-hlinitého skla (tab. 1; analýzy č. 1 a 4). Rozpraskané povlaky v okolí sklovité strusky mají vyšší podíly křemíku,

<sup>2</sup> SEM-EDS: skenovací elektronová mikroskopie s energiově disperzní analýzou.





Obr. 5. Keramika ze sondy S06, profilace okrajů nádob – výběr. Kresba V. Čermák.

Abb. 5. Keramik aus Sondierschnitt S06, Profilierung der Gefäßränder – Auswahl. Zeichnung V. Čermák.



Obr. 6. Zlomky běžné středověké keramiky s červenými struskovitými povlaky a zelenými poprašky nalezené v sondě S06. Kresba V. Čermák, foto M. Kalíšek.

Abb. 6. In Sondierschnitt S06 gefundene Bruchstücke gängiger mittelalterlicher Keramik mit roten Schlackenüberzügen und grünem Beschlag. Zeichnung V. Čermák, Foto M. Kalíšek.

v případě analýzy č. 3 i železa, a obsahují i vedlejší až podružné koncentrace arsenu a cínu (tab. 1; anal. č. 2 a 3). Oblasti analýz č. 5 a 6 provedené v místě drobné vyvýšeniny (shluku?) jsou anomální podílem železa (kolem 40 hm. %  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ), olova (20 hm. %  $\text{PbO}$ ) i vápníku a křemíku. Struskovité povlaky na povrchu stěpu mají nehomogenní vzhled i chemické složení.

#### *Vzorek S06-36-16*

Zlomek stěny a části dna nádoby je na vnitřní straně nesouvisle pokryt nepravidelnými hrudkami, povlaky a místy také drobnými globulkami modrozelené barvy. Na části stěpu též ulpěl tenký šedočerný porézni povlak (obr. 6).

Tenký tmavý porézni povlak na části stěpu vykazuje přítomnost oxidů železa s vedlejším podílem cínu a olova (tab. 1; anal. č. 7), který obsahuje shluky nabohacené olovnatou složkou (tab. 1; anal. č. 8). Dále byla analyzována sklovitá stěna jedné z rozlomených globulek (tab. 1; anal. č. 9, 10 a 11) i její vnitřek (anal. č. 12, 13). Struska ze stěny globulky je bohatá  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{FeO}$  a  $\text{Al}_2\text{O}_3$  a obsahuje vedlejší podíl  $\text{Pb}$  i  $\text{Cu}$  (anal. č. 9, 10). Přítomny jsou i světlé shluky tvořené patrně inkluzemi sulfidu mědi opět s vyšším zastoupením  $\text{Fe}$  (anal. č. 11). Vnitřek kulovitého útvaru tvoří oxid křemičitý (anal. č. 12) a povlaky mírně oxidované mědi (anal. č. 13). Zvětralinové povlaky reprezentují směsi sekundárních minerálů mědi a cínu (anal. č. 14 a 15).

Kromě hlavních neželezných prvků – mědi a cínu byly v povlacích analyzovaného stěpu místy zaznamenány i koncentrace dalších rudních prvků – olova a arsenu.



Spectrum	O	Cl	S	Na	Mg	Al	Si	P	K	Ca	Ti	Fe	Cu	As	Sn	Pb
1	33,5	–	–	0,7	1,8	6,5	17,7	–	2	11,4	0,4	2,4	0,5	–	–	23,1
2	44,7	–	–	–	0	7,1	24,1	0,2	2,2	5,9	–	2,9	0,7	2,4	2,6	7,3
3	33,1	–	–	–	–	7,6	36,6	0,9	2,5	5,7	0,6	6,9	0,3	0,3	–	5,5
4	26,1	–	–	0,6	0,7	4,2	18,5	0,2	3,5	7,6	–	2,3	1,4	–	–	35
5	26,5	–	–	–	0,5	1,6	2,6	8,4	0,4	8	–	30,4	4,2	1,1	–	16,4
6	36,6	–	–	–	0,7	1,4	1,9	7,6	0,2	5,4	–	25,5	3,5	–	–	17,1
7	34,2	–	–	–	0,7	2,6	1,2	1,4	–	0,7	0,4	51,2	0,7	–	5,1	1,7
8	26,3	–	–	–	0,4	1,9	0,7	4,4	–	2,8	0,4	34	1,3	1,4	3,8	22,7
9	44,5	–	0,6	–	0,6	5,6	11,1	0,7	–	0,9	–	19,7	5,4	–	7,6	3,3
10	40,5	–	–	–	1	5,4	14,7	0,4	1,1	2,2	–	14,5	1,2	–	15,8	3,2
11	14	–	16,4	–	–	0,7	1,8	0,4	0,3	0,6	–	9,8	52,2	0,4	3,2	–
12	44,2	–	–	–	–	1	52,2	–	–	–	–	1,4	1,3	–	–	–
13	7,4	0,5	–	–	–	–	0,9	–	–	–	–	0,5	90,6	–	–	–
14	33,6	3,1	–	–	–	0,1	0,2	12,7	0,9	7,3	–	1,1	34,8	–	6,2	–
15	19,2	–	–	–	–	–	–	1,2	–	–	–	–	3,9	–	68,7	7

Tab. 1. Výsledky analýz prvkového složení vzorků střepů se struskovitými povlaky S06-35a (analýzy č. 1 až 6) a S06-36-16 (analýzy č. 7 až 15); údaje v hm. % normalizované na 100 %.

Tab. 1. Ergebnisse der Analyse der Elementenzusammensetzung der Proben von Scherben mit Schlackenüberzügen S06-35a (Analysen Nr. 1 bis 6) und S06-36-16 (Analysen Nr. 7 bis 15); Angaben in Masse-% normalisiert auf 100 %.

#### 4.2 Kusy vypálené a natavené hlíny se struskovitými povlaky a zelenými poprašky

Z osmi vrstev výplně objektu V44 pochází celkem 15 drobných kusů šedočerně redukčně i cihlově červeně oxidačně vypálené a částečně natavené slídnaté a mírně písčité hlíny se struskovitými povlaky o celkové hmotnosti 310 g. Průměrná velikost nálezu nepravidelného tvaru činí 45 × 30 mm, pouze výjimečně byly nalezeny kusy o velikosti až 85 × 45 mm. Jejich tloušťka se pohybuje od 10 do 30 mm. Nebyly zaznamenány žádné specifické morfologické stopy (otisky, žebra, otvory, výstupky apod.). Na všech fragmentech je část povrchu pokryta různobarevnými porézními sklovitými struskovitými hmotami (hnědočervenými, šedočernými, jasně červenými i bílošedými), často s povlaky sekundárních minerálů mědi. Detailně analyzován byl jediný nález tohoto typu.

##### *Vzorek 2017/10-S06-50-2*

Světle šedě (redukčně) až světle cihlově červeně (oxidačně) vypálená jemně slídnatá porézní hlína s negativy po vyhořelé rostlinné hmotě je na jedné straně pokryta výrazně rozbrázděným skelně až kovově lesklým struskovitým povlakem ocelově šedě až tmavě hnědočerveně barvy (obr. 7). Na lomu je povlak výrazně porézní a místy obsahuje shluky či poprašky modrozelených sekundárních minerálů mědi. Ze strusky vystupuje ojedinělá polokulovitá sféruška o průměru 5 mm též pokrytá popraškem Cu sekundárních minerálů.

Jednotlivé analyzované části povrchu struskovitého povlaku mají variabilní chemismus a jsou složené z oxidů či uhličitánů (kuprit, malachit ad.), fosforečnanů (pseudomalachit?) a případně chloridů mědi (tab. 2; anal. č. 1, 3), dále jsou přítomny krystalky oxidu cínů – kasiteritu (tab. 2; anal. č. 2) a sklovitá křemičito-vápenato-hlinitá matrix s kolísavým zastoupením mědi, cínů a železa (tab. 2; anal. č. 4, 5).

Spectrum	O	Mg	Al	Si	P	S	Cl	K	Ca	Ti	Mn	Fe	Cu	Sn	Pb
1	32,8	0,3	0,6	2	8,9	1,3	1,6	0,3	3	–	–	0,6	48,6	–	–
2	20,2	–	0,4	–	0,7	–	–	–	–	–	–	0,4	9,1	69,1	–
3	8,4	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	91,6	–	–
4	41,4	4,9	6,7	18,7	0,4	–	–	1,6	13	0,3	0,7	6,5	5,3	–	0,5
5	35,4	3,1	4,3	12	0,3	–	–	1,4	7	0,5	0,6	9,4	4,9	20,7	0,4

Tab. 2. Výsledky prvkové analýzy struskovitého povlaku vzorku natavené hlíny S06-50-2; údaje v hm. % normalizované na 100 %.

Tab. 2. Ergebnisse der Elementenanalyse des Schlackenüberzugs der Probe des geschmolzenen Lehms S06-50-2; Angaben in Masse-% normalisiert auf 100 %.



Obr. 7. Vybrané analyzované archeometalurgické nálezy: fragment stěny pece (S06-50-2), úkapky se zelenými poprašky na povrchu (S06-46 a S06-50) a struska (S06-38). Dole nábrusy úkapků a strusky. Foto M. Kalíšek, grafická úprava S. Babušková.

Abb. 7. Ausgewählte analysierte archäometallurgische Funde: Fragment einer Ofenwand (S06-50-2), Gusstropfen mit grünem Beschlag auf der Oberfläche (S06-46 und S06-50) und Schlacke (S06-38). Unten Querschliffe von Gusstropfen und Schlacke. Foto M. Kalíšek, grafische Bearbeitung S. Babušková.

### 4.3 Kovové hrudky, úkapy

Nepravidelné hrudky o vysoké hustotě, zpravidla pokryté modrozelenými zvětralinovými povlaky sekundárních minerálů mědi tvoří nejčetnější soubor archeometalurgických nálezů (celkem 80 kusů o celkové hmotnosti 398 g). Většina nálezů má kulovitý, plochý či protáhlý tvar, někdy s výrazně protaženým koncem (obr. 7). Část vzorků je kovového vzhledu, jiné vykazují nepravidelnou houbovitou jemně porézni texturu. Průměrná velikost slítků se pohybuje od 8 do 25 mm, výjimečně až 40 mm.

Jednotlivé slítky a hrudky byly uloženy ve všech vrstvách tvořících raně středověkou část nadloží sondy S06. Analýzy se uskutečnily na třech kovových hrudkách. Před analýzou došlo k rozříznutí hrudek pomocí diamantového kotouče, jejich zalití do pryskyřice a vyleštění (vytvoření nábrusu).

#### *Vzorek S06-046*

Nepravidelná protáhlá hruška o vyšší objemové hmotnosti je tvořena tmavě červenými a modrozelenými zvětralinovými kůrami a kovem světle zlatavé barvy, který je výrazněji zastoupen jen v části nábrusu (obr. 7). V elektronovém mikroskopu je v režimu zpět odražených elektronů patrné vícefázové složení kovu tvořené tmavou základní hmotou (tab. 3, anal. č. 1), síťovitou strukturou světle šedé barvy (tab. 3, anal. č. 2) a poměrně hojnými bělavými svítivými inkluzemi (tab. 3, anal. č. 3).

#### *Vzorek S06-50*

Plochá protáhlá hruška kapkovitého tvaru o vyšší hustotě je tvořena jako v případě vzorku S06-46 modrozelenými a tmavě červenými zvětralinovými kůrami, které pokrývají kov zlatavé barvy (obr. 7). V elektronovém mikroskopu lze opět pozorovat vícefázový charakter kovu. Na základě analýz je možné shluk označit za slitinu cínu a mědi tvořenou dvěma fázemi (tab. 3; anal. č. 4 a 5) s příměsí olova (anal. č. 6).

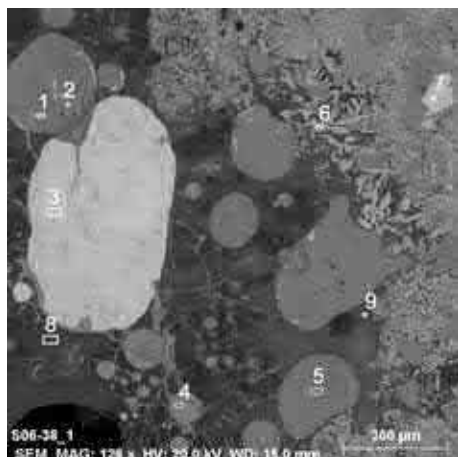
Spectrum	O	Cu	Sn	Pb
1	–	84,9	15,1	–
2	–	67,8	32,2	–
3	3,4	4,6	–	92,1
4	–	84,5	15,5	–
5	–	67,0	33,0	–
6	4,2	6,4	–	89,5

Tab. 3. Výsledky analýz nábrusu vzorků S06-46 (analýzy č. 1 až 3) a S06-50 (analýzy č. 4 až 6) v místě různých fází kovových shluků zlatavé barvy; údaje v hm. % normalizované na 100 %.

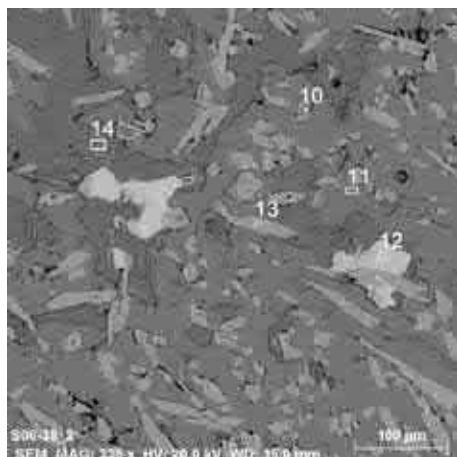
Tab. 3. Ergebnisse der Analysen der Proben S06-46 (Analysen Nr. 1 bis 3) und S06-50 (Analysen Nr. 4 bis 6) in verschiedenen Phasen goldfarbener Metallagglomerate; Angaben in Masse-% normalisiert auf 100 %.

### 4.4 Strusky

V sondě S06 bylo nalezeno několik desítek drobných strusek. Vyznačují se nepravidelným tvarem a lesklým hnědým, jasně červeným, šedým až hnědočerným zbarveným povrchem, na němž místy vystupují i zelené povlaky tvořené sekundárními minerály mědi. Strusky vykazují i proměnlivou porozitu a hustotu. Jejich průměr se pohybuje od 30 do 70 mm.



obr. 8



obr. 9



obr. 10

Obr. 8. Snímek elektronového mikroskopu – část nábrusu vzorku S06-38 s místy analyzovaných plošek a bodů č. 1 až 9 (režim BSE).

Abb. 8. Aufnahme eines Elektronenmikroskops – Teil des Querschliffs von Probe S06-38 mit analysierten Flächen und Punkten Nr. 1 bis 9 (BSE-Verfahren).

Obr. 9. Snímek elektronového mikroskopu – další část nábrusu vzorku S06-38 s místy analyzovaných plošek a bodů č. 10 až 14 (režim BSE).

Abb. 9. Aufnahme eines Elektronenmikroskops – weitere Querschliffe von Probe S06-38 mit analysierten Flächen und Punkten Nr. 10 bis 14 (BSE-Verfahren).

Obr. 10. Snímek elektronového mikroskopu – další část nábrusu vzorku S06-38 s místy analyzovaných plošek č. 15 až 17 (režim BSE).

Abb. 10. Aufnahme eines Elektronenmikroskops – ein weiterer Teil des Querschliffs von Probe S06-38 mit analysierten Flächen Nr. 15 bis 17 (BSE-Verfahren).

### Vzorek S06-38

Hrudka o vyšší hustotě je pokryta směsí modrozelených a modrých sekundárních minerálů mědi. Na řezu jsou zřetelné shluky a drobné inkluze kovu měděné barvy v nehomogenní tmavě červené matrix složené ze shluků sklovité fáze, malachitu a dalších makroskopicky neidentifikovatelných složek (obr. 7 až 10).

Analýzy potvrdily velkou rozmanitost vnitřní skladby zkoumaného vzorku. Jeho hlavní masu tvoří kuprit ( $\text{Cu}_2\text{O}$ , tab. 4; anal. č. 10 [v dutině krystalu kasiteritu], 11 a 15), atacamit ( $\text{Cu}_2[\text{OH}]\text{Cl}$ , tab. 4; anal. č. 14, 16), sklovitá fáze křemičito-hlinitá se sumou alkálií kolem 10 hm. % (tab. 4; anal. č. 8, 9) a několik generací krystalů kasiteritu (tab. 4; anal. č. 6, 13). Dále byly zjištěny nodule mědi, částečně zoxidované (tab. 4; anal. č. 4) nebo parciálně přeměněné na atacamit (tab. 4; anal. č. 1 a 5), i nodule olova se zvětralinami anglesitu (tab. 4; anal. č. 3) a samostatné krystalky anglesitu ( $\text{PbSO}_4$ , tab. 4; anal. č. 17).

Spectrum	O	S	Cl	Cu	Sn	Pb	SiO <sub>2</sub>	TiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	MgO	CaO	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Na <sub>2</sub> O	K <sub>2</sub> O
1	13,8	–	28,0	58,2	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
2	18,8	9,0	2,2	10,9	–	59,1	–	–	–	–	–	–	–	–
3	34,8	11,0	–	–	–	54,2	–	–	–	–	–	–	–	–
4	9,7	–	0,7	89,5	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
5	12,1	–	29,6	58,4	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
6	20,7	–	–	–	79,3	–	–	–	–	–	–	–	–	–
8	–	–	–	1,8	–	–	51,9	0,7	23,4	3,4	2,4	6,5	3,9	3,7
9	–	–	–	8,6	–	–	53,3	–	15,8	1,3	1,2	2,0	4,3	6,9
10	9,6	–	–	90,4	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
11	9,4	–	–	90,6	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
12	19,5	9,1	–	1,7	–	69,7	–	–	–	–	–	–	–	–
13	19,0	–	–	2,5	78,4	–	0,1	–	–	–	–	–	–	–
14	2,9	–	31,9	65,2	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
15	9,8	–	–	90,2	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
16	6,6	–	31,1	62,3	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
17	19,9	10,4	–	2,0	–	67,7	–	–	–	–	–	–	–	–

Tab. 4. Výsledky analýz nábrusu vzorku S06-38; údaje v hm. % normalizované na 100 %.

Tab. 4. Ergebnisse der Analysen des Querschliffs von Probe S06-38; Angaben in Masse-% normalisiert auf 100 %.

#### 4.5 Předměty a jejich zlomky z neželezných kovů

Výkop zachytil sedm nálezů z neželezných kovů o celkové hmotnosti 17 g. Zastoupeny byly dva ústřížky zohýbaných tenkých plíšků o velikosti 10 × 30 a 15 × 45 mm a tři drátky dlouhé 30 až 60 mm (obr. 11). Tento kovový šrot patrně představoval surovinu připravenou k sekundárnímu zpracování. Kromě toho byly nalezeny i dva snad ztrátové předměty: nýtek o průměru hlavičky 20 mm a dělce trnu 7 mm a jeden kroužek o průměru 3,8 a síle drátu 4 mm. Nálezy z této skupiny dosud nebyly analyzovány.

### 5 Diskuse

Raně středověkou metalurgii v prostoru sondy S06 dokládá pět skupin nálezů – střepey běžné keramiky se struskovitými povlaky, fragmenty pecních stěn, kovové hrudky, strusky a kovový šrot.

Nejpočetnější skupinu reprezentují nepravidelné hrudky či úkapy neželezných kovů o vysoké hustotě, které mají povrch pokrytý výraznými zvětralinovými kůrami vytvořenými v rámci postdepozičních procesů. Obě analyzované hrudky S06-46 a S06-50 z této skupiny lze charakterizovat jako dvousložkové slitiny mědi a cínu s příměsí olova – cínové bronzky. Strukturou i chemismem odpovídají starším nálezům z jiných částí areálu Klementina.

Využívání pecí při metalurgických operacích dosvědčují zlomky natavených a vypálených hlin často pokrytých struskovitými povlaky. Analýzy nataveného povrchu zlomku pece S06-50-2 doložily jeho variabilní chemismus a přítomnost sekundárních minerálů mědi, krystalků kasiteritu i sklovité křemičito-vápenato-hlinité matrix s kolísavým zastoupením mědi, cínu a železa. Složení povlaku odpovídá reakci bronzové strusky s hliněnou stěnou či nístějí pece.



Obr. 11. Drobné artefakty z neželezných kovů – předměty a jejich zlomky ze sond S6 a S4. Foto M. Kalíšek.  
Abb. 11. Kleine Artefakte aus Nichtisenmetallen – Gegenstände und ihre Bruchstücke aus den Sondierschnitten S6 und S4. Foto M. Kalíšek.

Za mimořádné archeometalurgické nálezy lze označit nepravidelné hrudky o vyšší hustotě, které jsme zatím řadili do skupiny strusek. Analyzovaná struskovitá hmota S06-38 odpovídá složením mnoha dalším vzorkům z Klementina zkoumaným v dřívějších etapách a opět jednoznačně souvisí s výrobou cínového bronzu. Heterogenní stavba těchto hmot s často poměrně ostře ohraničenými oblastmi lišícími se velikostí a množstvím krystalů oxidu cínitého,



zastoupením sklovité fáze, kovových globulek nebo kupritu, resp. dalších sekundárních minerálů mědi a olova, je pro tento typ zdejších nálezů typická. Jisté analogie se zatím podařilo najít jen v zahraniční literatuře, ale týkají se výhradně analýz archeometalurgických vzorků z různých období prehistorie (např. Figueiredo et al. 2010), výjimečně i z experimentálních taveb bronzu napodobujících pravěké výrobní postupy (Lackinger et al. 2001). Vzorky z Klementina nejlépe odpovídají materiálům vzniklým při společném redukčním hutnění rozdrcených a s dřevěným uhlím smíchaných rud mědi a cínu v jednoduchých malých pískách zapuštěných pod úroveň terénu, případně cementaci mědi materiálem bohatým na cín (ruda Sn nebo kovový šrot s vysokým obsahem cínu). Vzniklé struskovité polotovary se značným podílem nodulí neželezných kovů a jejich slitin výrazně proměnlivého složení byly při dalším postupu výroby roztloukány, propírány a získané kovové perličky dále zpracovávány. Budoucí výzkumy snad pomohou zodpovědět otázku, zda tyto hrudky představují výrobní odpad nebo se jedná o polotovary určené k dalšímu zpracování.

Z technické keramiky se v sondě S06 vyskytly pouze zlomky běžné raně středověké keramiky sekundárně využitě při neželezné metalurgii. V dosud blíže analyzovaných souborech obdobných, ale většinou starších nálezů z Vyšehradu (Varadzin–Zavřel 2015, 391 n) a Malé Strany (Zavřel–Čiháková–Ježek v tisku) výrazně převládaly střepy použité při rafinaci stříbra metodou kupelace. Cílovým produktem těchto metalurgických postupů byly koláčovité placičky stříbra zbavené většiny nežádoucích příměsí, které po utužení kovu a jeho vyjmutí zanechaly ve struskovitěm povlaku na vnitřní straně střepu typické kruhové či mírně eliptické negativy. Takovéto typy miskovitých metalurgických střepů jsme v prostoru sondy S06 nezaznamenali. Povlak na zlomku nádoby S06-35a dokládá práci s kostním popelem (koncentrace Ca, P), olovem, případně křemíkem (obsahy Pb) v rámci blíže neurčeného postupu (rafinaci?, testu?) při zpracování neželezných kovů nebo jejich slitin (vedlejší až podružné podíly Cu, Sb, As). Další analyzovaný střep S06-36-16 sloužil k nějaké úpravě surovin souvisejících s výrobou cínového bronzu. Nelze vyloučit, že na jeho povrchu ulpěly pozůstatky zkoušky (průby) vypraženého kamínku (tj. hutnického poloproduktu tvořeného křemíkem [sulfidy] Fe, Cu a dalších prvků) na obsah zpracovávaných kovů. Úloha miskovitých střepů se stopami mědi, cínu či zinku, případně slitin těchto prvků na povrchu dosud není uspokojivě vysvětlena.

Na rozdíl od jiných zkoumaných míst v Klementinu se zde mezi archeometalurgickými pozůstatky nevyskytl další typ technické keramiky – tavicí kelímky (tyglíky). Nebyly nalezeny ani prubiřské kameny, které se podařilo získat při výzkumech v jiných částech areálu bývalé jezuitské koleje. Poměrně nízké zastoupení zde měly i železářské strusky.

## 6 Závěr

Na základě plošně malého archeologického výzkumu, při kterém byla prozkoumána plocha o velikosti 1,5 m<sup>2</sup>, se podařilo získat množství drobných archeometalurgických nálezů. Jejich SEM-EDS analýzy dokládají práci se slitinami mědi – výrobu cínového bronzu v blíže tvarově neurčených pecích hliněné konstrukce a využití miskovitých zlomků běžné keramiky při této výrobě (testy surovin či poloproduktů?). Nálezy heterogenních struskovitých hmot s vysokým podílem kupritu, krystalků kasiteritu proměnlivého habitu, kovových nodulek Cu, resp. Cu-Pb a sklovité fáze mohou patrně indikovat společné redukční hutnění rud mědi a cínu, případně cementaci mědi materiálem bohatým na cín – rudou Sn nebo kovovým šrotem s vysokým obsahem tohoto kovu. Výzkumem se podařilo rozšířit plochu s výskytem raně středověkých archeometalurgických nálezů souvisejících s neželeznou metalurgií v prostoru pražské raně středověké předlokační aglomerace.

Příspěvek vznikl s podporou Grantové agentury ČR, projekt reg. č. 16-22207S.

## **Prameny a literatura**

- ETTLER, V. et al., 2015: Ettlér, V.–Johan, Z.–Zavřel, J.–Selmi-Wallisová, M.–Mihaljevič, M.–Šebek, O., Slag Remains from the Na Slupi Site (Prague, Czech Republic), *Journal of Archaeological Science* 53, 72–83. <https://doi.org/10.1016/j.jas.2014.10.007>
- FIGUEIREDO, E. et al., 2010: Figueiredo, E.–Silva, R. J. C.–Senna-Martinez, J. C.–Araújo, M. F.–Fernandes, F. M. B.–Inês Vaz, J. L., Smelting and recycling evidences from the Late Bronze Age habitat site of Baiões (Viseu, Portugal), *Journal of Archaeological Science* 37, 1623–1634.
- HAVRDA, J., 2017: Dominikánský klášter sv. Klimenta. In: Boháčová, I.–Podliska, J. a kol., Průvodce pražskou archeologií. Památky známé, neznámé i skryté, 150–153. Praha.
- HAVRDA, J.–KOVÁŘ, M.–ŽĎÁRSKÁ, A., 2017: Dominikánský klášter sv. Klimenta v Praze na Starém Městě – St. Clement Dominican monastery in the Old Town of Prague, *Staletá Praha* 33, sv. 2, 2–71.
- HAVRDA, J.–RŮCKL, Š., 2019: Nálezová zpráva. Zjišťovací archeologický výzkum Praha 1 – Staré Město, Klementinum čp. 190/I a 1040/I, ppč. 80 a 82 (archeologické sondy na Hospodářském dvoře a jižně od něho v roce 2017), výzkum NPÚ, ÚOP v Praze č. 2017/10, č. j. 311/32896/2019, uložen v dokumentaci archeologického odboru NPÚ, ÚOP v Praze.
- HAVRDA, J.–TRYML, M., 2013: Nebovidy. Středověká osada v pražském podhradí – Nebovidy. Mediaeval settlement around Prague Castle. Praha.
- HAVRDA, J.–ZAVŘEL, J., 2009: Pozůstatky raně středověkého metalurgického pracoviště v areálu Klementina na Starém Městě pražském – Remains of the early medieval metallurgical workshop in the area of Clementinum in the Old Town of Prague, *Archaeologica Pragensia* 19/2008, 333–357.
- HAVRDA, J.–ŽĎÁRSKÁ, A., 2017: K pohřbívání v pravobřežní části pražské předlokační aglomerace v 9. a 10. století. Objev pohřebiště v areálu Klementina – Zum Begraben im rechtsufrigen Teil der Vorklokations-agglomeration Prags im 9. und 10. Jahrhundert. Das Gräberfeld im areal des Prager Klementinums, *Staletá Praha* 33, sv. 2, 94–134.
- LACKINGER, A. et al., 2013: Copper + Tin + People: Public Co-Smelting Experimentation in Northwestern Iberia. *Proceedings of the 7th UK Experimental Archaeology Conference Cardiff 2013*, EXARC Journal 3.
- VARADZIN, L.–ZAVŘEL, J., 2015: Pozůstatky raně středověké metalurgie stříbra, zlata a dalších neželezných kovů na Vyšehradské akropoli. In: Moucha, V.–Nechvátal, B.–Varadzin, L. et al., *Vyšehrad. Knižecí a královská akropole*, 391–419. Praha.
- VYŠOHLÍD, M., 2018: Praha – Nové Město, Zaniklá ves Opatovice v Křemencově ulici na Novém Městě pražském. In: *Archeologické výzkumy v Čechách 2017* (sborník referátů z informačního kolokvia). Zprávy České archeologické společnosti – Supplément 109, 32.
- ZAVŘEL, J., 2013: Stopy neželezné metalurgie. In: Havrda, J.–Tryml, M., *Nebovidy. Středověká osada v pražském podhradí*, 219–22. Praha.
- ZAVŘEL, J.–ČIHÁKOVÁ, J.–JEŽEK, M., v tisku: Domestic pottery sherds used in non-ferrous metalworking in medieval Prague. *Archaeological and Anthropological Sciences*.

## **Zusammenfassung**

### **Neue archäometallurgische Funde vom Areal des Clementinums in Prag**

In den letzten Jahren hat sich die Quellengrundlage für das frühe Mittelalter bezüglich der Herstellung und Bearbeitung von Nichteisenmetallen in Prag vergrößert. Im Jahr 2017 wurde bei einer kleinen Feststellungs- und Sondierungsgrabung im Areal des Clementinums in der Prager Altstadt ein interessanter Komplex archäometallurgischer Funde aus der Zeit der zweiten Hälfte des 11. bis zur ersten Hälfte des 13. Jahrhunderts entdeckt. Die Funde wurden ihrem Charakter nach in fünf Kategorien untergliedert: 1) Bruchstücke von gängiger Keramik mit Schlackenüberzügen, 2) Fragmente von Ofenwänden mit Schlackenüberzügen, 3) Metallklumpen, Gusstropfen und Ofensäue, 4) Schlacken, 5) Metallschrott (Gegenstände aus Nichteisenmetallen und ihre Bruchstücke). Eine Auswahl an charakteristischen Exemplaren wurde mit dem SEM-EDS-Verfahren analysiert.

Durch die Untersuchung wurde die Herstellung von Zinnbronze in von der Form her unbestimmten Lehmöfen und unter Verwendung von schüsselförmigen Bruchstücken gängiger

Keramik bei der Herstellung (Rohstofftests oder Halbprodukte?) belegt. Funde von heterogenen schlackenartigen Massen mit hohem Anteil an Cuprit, Kassiteritkristallen von variablem Habitus, metallene CU-, bzw. CU-Pb-Klumpchen und Glasphase können offenbar eine gemeinsame Reduktionsverhüttung von Kupfer- und Zinnerzen, ggf. eine Zementation von Kupfer durch ein zinnreiches Material – Zinnerz oder Metallschrott mit hohem Gehalt dieses Metalls – indizieren.

Der vorliegende Beitrag entstand mit Unterstützung der Förderagentur der Tschechischen Republik, Projekt-Reg.-Nr. 16-22207S.

Mgr. Jan **Havrd**a, Národní památkový ústav, územní odborné pracoviště v Praze, Na Perštýně 12, 110 00 Praha 1, Česká republika, [havrdaj.an@npu.cz](mailto:havrdaj.an@npu.cz)

RNDr. Jan **Zavřel**, M. J. Lermontova 11, 160 00 Praha 6, Česká republika, [zavreljan@centrum.cz](mailto:zavreljan@centrum.cz)



Toto dílo lze užit v souladu s licenčními podmínkami Creative Commons BY-NC-ND 4.0 International (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/legalcode>). Uvedené se nevztahuje na díla či prvky (např. obrazovou či fotografickou dokumentaci), které jsou v díle užity na základě smluvní licence nebo výjimky či omezení příslušných práv.

