



ARCHEOLOGIA TECHNICA 32/2021

ISSN 1805-7241

<http://archeologiatechnica.cz>

VÝROBA A VÝPAL GRAFITOVÝCH KERAMICKÝCH NÁDOB SE ZAMĚŘENÍM NA ZÁSObNICE POHLEDEM EXPERIMENTU

Pavel Macků

Dostupné online:

<http://archeologiatechnica.cz/node/369>

Citace článku:

Macků, P. 2021: Výroba a výpal grafitových keramických nádob se zaměřením na zásobnice pohledem experimentu. Archeologia technica 32, 65-79.

Archeologia technica

Archeologia technica je odborným recenzovaným periodikem předkládajícím příspěvky spojené se „zkoumáním výrobních objektů a technologií archeologickými metodami“, průmyslovou archeologií i praktickými experimenty. Rádi bychom poskytovali prostor pro publikování a diskusi problematiky spjaté s archeologickými výzkumy technických a technologických zařízení, dokumentací a záchranou průmyslového dědictví a seznamování s výsledky praktických experimentů prováděných v rekonstrukcích starých výrobních zařízení. Kromě obsáhlejších příspěvků jsou přijímány též kratší zprávy o vybraných výrobních objektech, výrobních technologiích z nejrůznějších časových období, ale i dalších tematicky souvisejících aktivitách.

První text dvaatřicátého čísla AT navazuje na problematiku raně středověkých železářských dyzen zmíněnou i v minulém čísle. Tentokrát ne z prostředí střední části Moravského krasu, ale severněji ležícího Kunštátska. Praktickým experimentům se budeme věnovat v článku pojednávajícím o experimentální ražbě replik pražských grošů Aleny Selucké a Jaroslava Jelínka, o výrobě jednoho z halštatských vozů nalezených v Býčí skále v Moravském krasu Zdeňka Čermáka a grafitových zásobnic, provedeným Pavlem Macků.

Dvojici příspěvků s tematikou výroby dřevěného uhlí z minulého čísla doplňuje práce širokého autorského kolektivu představující převážně rukou Mirka Dejmalu archeologicko-historickou část grantového projektu věnovaného rozličným aspektům působení starých uhlířů v pěti různých regionech českých zemí.

I Hynek Zbránek a Jiří Zubalík navazují na texty o nových nálezech barvíren (z předminulého čísla), tvořících nedílnou součást kdysi významného brněnského textilnického centra, představením třetí archeologicky zkoumané lokality.

Dokumentaci dokladů výroby stavebních materiálů tentokrát zastupuje práce Petera Nagyho přibližující výzkum novověké cihelny v okrese Nitra.

Ne zcela obvyklé jsou poslední dva články nořící se do hlubin. V prvním případě prostřednictvím autorů pod vedením Michala Zezuly do ostravského sklepa za dobře dochovaným parovodním kotlem, v případě druhém nám Ivan Rous přiblíží hledání ponorky nesoucí jméno jeho působiště – Liberce, resp. Reichenbergu ztracené v Biskajském zálivu v letech druhé světové války a možné další využití v souvislosti s tímto pro nás suchozemce neobvyklým tématem vyvinutého průzkumného zařízení.

Obsah čísla doplňuje zpráva o experimentálních i ukázkových tavných v železářských pecích a dalších bohubilých činnostech ve Staré huti u Adamova v roce 2021.

Archeologia technica je odborným recenzovaným periodikem předkládajícím příspěvky spojené se „zkoumáním výrobních objektů a technologií archeologickými metodami“, průmyslovou archeologií i praktickými experimenty. Rádi bychom poskytovali prostor pro publikování a diskusi problematiky spjaté s archeologickými výzkumy technických a technologických zařízení, dokumentací a záchranou průmyslového dědictví a seznamování s výsledky praktických experimentů prováděných v rekonstrukcích starých výrobních zařízení.

Kromě obsáhlejších příspěvků jsou přijímány též kratší zprávy o vybraných výrobních objektech, výrobních technologiích z nejrůznějších časových období, ale i dalších tematicky souvisejících aktivitách.

Další informace pro autory jsou uvedeny na webu Technického muzea v Brně www.tmbno.cz. Doporučili bychom Vaší pozornosti i stránky www.starahut.com, kde je možné nalézt jak starší publikace Archeologia technica ve formátu pdf, tak informace o akcích pořádaných Technickým muzeem v Brně na poli starého železářství. A v neposlední řadě web tohoto periodika i tradiční stejnojmenné odborné konference, jehož adresa zní archeologia-technica.cz.

Za redakční radu Ondřej Merta

Obsah

Stopy přímé výroby železa v lese Nevěrný severně Rudky u Kunštátu <i>Ondřej Merta</i>	3
Experimentální ražba repliky pražského groše <i>Jaroslav Jelínek – Alena Selucká</i>	11
Konfrontace výroby halštatského vozu ze závěru 6. stol. př. Kr. z Býčí skály a středověkých platněřských technik <i>Zdeněk Čermák</i>	22
Uhlířství a jeho archeologické doklady – historicko-archeologický pohled na provozování řemesla <i>Přemysl Bobek – Roman Brejcha – Miroslav Dejmal – Jakub Houška – Hana Johanis – Jan John – Michala Příbylová Lenka Sedláčková – Silvie Suchánková – Péter Szabó – Jakub Šimík</i>	31
Výsledky archeologického výskumu zaniknuté tehelny v Lehote (okres Nitra) <i>Peter Nagy</i>	57
Výroba a výpal grafitových keramických nádob se zaměřením na zásobnice pohledem experimentu <i>Pavel Macků</i>	65
Schwarzova barvírna v areálu bývalé Vlněny v Brně <i>Hynek Zbranek – Jiří Zubalík</i>	80
Nález kombinovaného parovodního kotle typu Strebel při archeologickém výzkumu tzv. Laubů v Moravské Ostravě <i>Michal Zezula – Marek Kiecoň – Radek Mišanec – Romana Rosová</i>	88
Využití magnetometru k hledání vraku ponorky U-206 Reichenberg <i>Ivan Rous</i>	100
Stará huť u Adamova v roce 2021 – experimentální a ukázkové tavby <i>Ondřej Merta</i>	107

VÝROBA A VÝPAL GRAFITOVÝCH KERAMICKÝCH NÁDOB SE ZAMĚŘENÍM NA ZÁSObNICE POHLEDEM EXPERIMENTU

Pavel Macků

Ohledně grafitové keramiky, objevující se v širokém časovém období, nemá archeologická obec dosud zodpovězeno mnoho otázek. Jednou z nich je, jak se taková keramika vypalovala? Především pak velké zásobnice, ke kterým dosud nemáme žádné informace z archeologizovaných situací. Práce se snaží za pomoci archeologického experimentu hledat cesty, vedoucí k jejímu zodpovězení.

Klíčová slova: grafitová keramika – zásobnice – přezah – výpal – milíř – redukční atmosféra – experiment

THE PRODUCTION AND FIRING OF GRAPHITE POTTERY VESSELS FOCUSED ON POTS THROUGH EXPERIMENT

The archaeological community has not as yet answered many questions about graphite ceramics, found across a broad spectrum of time. One of these questions is how such pottery was fired. In particular, the large pots of which we have not yet got any information in archaeological situations. This study endeavours to find ways to answer the question by using archaeological experiment.

Keywords: graphite pottery – pot – biscuit pottery – firing – kiln – reducing atmosphere – experiment

GRAFITOVÁ KERAMIKA A EXPERIMENT¹

Soustavněji se grafitové keramice věnuje vědecká obec až od druhé poloviny dvacátého století, přičemž laboratorní výsledky a analýzy se objevují teprve v posledních desetiletích. Dnes již známe mnohé mechanismy z výroby keramických nádob, ať už v ruce či na specializovaných hrnčířských točnách a kruzích. Dosud však přesně neznáme záměr, proč a jak se přidával grafit do keramického těsta, jakým způsobem se keramika vypalovala a v čem byla vhodnější oproti tehdejšímu negrafitovému zboží. Obzvláště to platí pro velké nádoby typu zásobnic, pro něž dosud neznáme žádné archeologicky dokumentované vypalovací zařízení. Stav poznání je značně ovlivněn diskontinuitou výroby grafitové keramiky, kdy jedinou možností, jak tuto otázku zodpovědět, je série dalších vzájemně porovnatelných analýz, ale i vhodně vedených opakovatelných experimentů, jež nás nutí nad problematikou přemýšlet do hloubky.

Od roku 2013 autor této práce sbíral zkušenosti s výpalem keramiky v polních podmínkách od jednoduchých ohnišť, jámových výpalů (Macků 2016, 85–86), po složitější pece (celkem 21 výpalů, zatím nepublikovaných v tisku). Od počátku bylo cílem dosáhnout

dokonalé repliky nádob, jejichž výrobní postup od nako-pání surovin po finální výrobek odpovídá původním středověkým nádobám. Nutno zde podotknout, že cíle stále nebylo dosaženo k plné spokojenosti. Jedním z hybatelů této snahy bylo pocho-pit, potažmo „znovu oživit“ výrobu grafitové keramiky z přelomu raného a vrcholného středověku, především pak velkých zásob-nic. Na základě dosavadních zkušeností byl vyzkoušen jejich výpal v milíři, o kterém dosud, až na dvě výjimky (Tintěra et al. 1986; Thér 2004, 46–48),² odborná literatura spíše jen uvažovala (Čapek et al. 2018, 66–67). Milíř či milířovitá pece naposledy řeší K. Těsnohlídková (Těsnohlídková 2021, 46–47, 49–50, zde uvedena i další literatura). Roli milíře v typologii dalších pyrotechnologických zařízení řešil též R. Thér, se kterým lze souhlasit, že milíř není pře-chodová forma od ohniště k peci, ale zcela svébytná vypalovací konstrukce (Thér 2009, 93–95). Dotyčný publikoval i milířový výpal manželů Červinkových a L. Tintěry ve Věstarech, kde ověřovali možnosti výpalu pravěkých zásobních nádob (Thér 2004, 46–48). Složitější verzi s cihlovou podezdívkou vytvořili a její možnosti tes-

¹ Práce a experimenty vznikly na základě autorem zpracovávané disertační práce nazvané *Grafitová keramika z Telče – Starého Města na přelomu raného a vrcholného středověku* na Filozofické fakultě Archeologického ústavu Jihočeské univerzity v Českých Budějovicích.

² Tato práce, volící prakticky stejnou metodiku tvorby a výpalu zásobnice v milíři, nebyla v době vlastního experimentu i jeho vyhodnocení autorovi známa. Výsledky obou jsou však velmi podobné pouze s tím rozdílem, že díky dosavadním zkušenostem nám nádoby v první fázi výpalu a dostatečnému dosoušení nepopraskaly.

tovali v Panské Lhotě studenti archeologie Masarykovy univerzity (Čapek et al 2018, 66–67; Těsnohlídková 2021, 130, 135–137, 149–151; zde na s. 140 výčet experimentálních výpalů v Evropě od dvacátého století). Laténská grafitová keramika byla v milíři jednoduché konstrukce pálena tamtéž (Koucká – Novák 2016, 59–63). Dosud však nebyly provedeny a publikovány výpaly s grafitovými zásobnicemi. Jejich problematiku se snaží otevřít tato práce.

PROČ BYL PŘIDÁVÁN GRAFIT DO KERAMICKÉHO TĚSTA?

Důvody proč či za jakým účelem byl přidáván grafit do keramického těsta, hledali badatelé od počátku studia jak pravěké, tak středověké grafitové keramiky. Finální rozřešení zatím chybí, mnoho názorů se však opakuje. Často bohužel nelze dohledat, zda jde o mechanické přebírání informace autora od autora nebo jde o původní zachycenou informaci etnografem, či praktikujícím hrnčířem (Holub 2015, 135–136). Většinou se tyto teze opírají o fyzikálně-chemické vlastnosti grafitu jako nerostu, kdy se vlastnosti suroviny, jako žáruvzdornost, nepropustnost a odolnost vůči teplotním šokům připisují rovnou i grafitovým keramickým nádobám. Jde tedy stále o vlastnosti především předpokládané (Koucká – Novák 2016, 56–57).

Důvody přidávání této suroviny do keramiky lze shrnout do třech, potažmo čtyř kategorií, které se mohly prolínat, a jejich důležitost se pravděpodobně částečně proměňovala v čase. Konkrétně jde o hledisko 1) technologicko-výrobní, 2) technologicko-provozní a 3) estetické. Pro období pravěku lze pro úplnost uvést ještě hledisko 4) symbolické.

Technologicko-výrobní hledisko vyzdvihovali V. Goš s J. Karlem (Goš – Karel 1979, 171) jako hlavní důvod přidávání grafitu do zásobnic především proto, že usnadnilo tváření nádoby, zlepšilo tepelnou vodivost a „vyrovnilo vnitřního pnutí“ při výpalu. Zároveň ovšem přiznávali, že je potřeba s touto otázkou nadále pracovat. Kluznost materiálu, vyšší plastičnost a nižší hmotnost hlíny preferují P. Rzežník a H. Stoksik, a to především u velkoobjemových nádob. U jimi analyzované keramiky nezjistili zhodnocení jakosti výrobku přidáním grafitu, naopak byla více nasákavá (Rzežník – Stoksik 2004, 331–336, 342). M. Gregerová a R. Procházka vyzdvihují vysokou přilnavost grafitu k pojivu, především při výpalu (Gregerová – Procházka 2007, 276–277). Praktické hledisko zmiňuje pro dobu železnou i I. Kappelová (Kappel 1969, 24). Žáruvzdornost, menší tříštivost a průlinčitost, ale i mazadlo dřevěných konstrukcí zmiňuje L. Tichý (Tichý 2006, 26).

Druhé hledisko, technologicko-provozní, pro přidávání grafitu do nejstarší neolitické keramiky spatřoval R. Tichý ve zlepšení nepropustnosti a ohnivzdornosti. Potuhovaným nádobám naopak přisuzuje primárně estetickou, u oboustranně potuhovaných nádob i praktickou funkci (Tichý 1962, 277). Jeho závěry potvrzují i M. Hložek a E. Kazdová (Hložek – Kazdová 2002, 29). Hydrofobii a obecně nízkou nasákavost vyzdvihují J. Pechtl a F. Eibl (Pechtl – Eibl 2011, 349). Pro období středověku V. Nekuda s K. Reichertovou (1968, 31) zmiňují, že: „... tuha měla nepochybně řadu předností (ohnivzdornost, nepropustnost apod.)...“ Hydrofobii zmiňují i G. Fusek a J. Spišiak, přičemž jí dávají do souvislosti s vařením jídel, uchovávání tekutin

a u zásobnic pro uskladnění obilí (Fusek – Spišiak 2005, 291). Další důvod vidí v tepelné vodivosti, kdy při 20% podílu grafitu v keramice má nádoba snižovat ohřev o polovinu času, což souvisí i se spotřebou paliva. Zdůvodnění ohledně vyšší odolnosti při rychlých teplotních změnách přebírají od V. Goše (1977, 299). J. Josef operuje s vyšší žáruvzdorností a chemickou odolností (Josef 1994, 13), stejně jako M. Gregerová (Gregerová a kol. 2010). Užité vlastnosti jako menší průlinčitost, lepší ohnivzdornost a vodivost tepla, ke kterým přidává ještě vyšší soudržnost keramické hmoty, spojenou s nižším rizikem jejich rozbití uvádí M. Hlava (Hlava 2008, 213–214). V souvislosti s nižší rozbitností tento autor taktéž sumarizuje genezi hypotézy o používání grafitové keramiky jako „obalu“ v obchodě se solí, která byla podle starších prací dovážena z Rakouska výměnou za jihočeský grafit (surový či keramickou produkci). Tuto hypotézu ovšem nakonec odmítá. Na vaření v grafitových nádobách už v době železné upozorňují příškvarky luštěninového pokrmu z Hrazan (Horáková-Jansová 1955, 162) či Manchingu (Kappel 1969, 47–48).

Často citovaný důvod přidávání grafitu do keramiky – hydrofobii – ovšem napadají výsledky analýz polské grafitové keramiky z Ratiboře, která byla poměrně nasákavá (Rzežník – Stoksik 2004, 341). Upozorňuje na to i M. Holub, který uvádí, že míra porosity a nasákavosti s přidaným grafitem nemusí mít žádnou souvislost a jde spíše o jev spojený přímo s použitou hlinou či jílem v poměru s dalšími aditivy (Holub 2015, 136).

Třetí hledisko, tedy estetické, zmiňuje J. Jaroš, kdy měla přidaná tuha zvýšit estetickou hodnotu nádoby jejím připodobněním ke kovovým nádobám. Zároveň ovšem zmiňuje i „... snahu o zvýšení nepropustnosti nádoby...“ (Jaroš 1980, 113–114). Tmavé odstíny a kovový lesk vyzdvihují pro „předindustriální dobu (vorindustrieller Zeit)“ i J. Pechtl a F. Eibl (Pechtl – Eibl 2011, 349). Snaha o připodobnění keramické nádoby ke kovovým nádobám nejspíše vrcholila v době železné, kdy nádoby napomáhaly ke zvýraznění prestiže jejich majitelů (Laciak – Stoksik, 2010, 106). Zároveň byla tuha využita pro zdobení nádob pomocí ornamentálních dekorů a doba halštatská tak byla vrcholem v jejím využití z estetického hlediska (Golec 2003, 118). M. Hlava na základě starší literatury i novějších nálezů považuje grafitovou keramiku v následující době laténské již jen jako běžné domácí zboží s utilitární funkcí při vaření (Hlava 2008, 214). Na základě většího podílu namletého amfibolitu s grafitem v některých jihočeských halštatských a raně středověkých keramických souborech se uvažuje, že tato surovina byla přidávána cíleně pro tmavé zbarvení nádob (Procházka – Petáková – Thomová – Laufek 2011, 309). Estetický vzhled pro raně středověkou keramiku připouští i P. Kouřil (Kouřil 1998, 45). Od 13. století byl grafit používán bez ohledu na estetiku a cíleně se přidával především do zásobnic a technické keramiky (Gregerová a kol. 2010, 214–215).

Čtvrté hledisko, jak nahlížet na důvody pro výrobu grafitové keramiky, lze klást spíše do pravěkých období, kdy dle etnografických paralel byl důvod v přidávání grafitové suroviny symbolický. Tento názor operuje se složitostí získávání a zpracování této nezvyklé suroviny, ale i její dálkový transport ze symbolických míst a z toho vznikající sociální vazby mezi výrobcí a dodejci (Kreiter et al. 2013, 176–177). Toto hledisko tedy úzce souvisí i s hlediskem estetickým, ovšem je velmi těžce forenzně postihnutelné a lze o něm tedy uvažovat spíše hypoteticky.

GRAFITOVÁ KERAMIKA

Otázkou je, při jakém množství grafitu v keramice je možno již o keramice hovořit jako o grafitové. Drobné příměsi totiž může hlína obsahovat díky přírodním procesům (srovnej např. záměrné i nezáměrné příměsi v raně středověké keramice jihozápadní Moravy v Gregerová *et al.* 2010, 105–114). G. Fusek a J. Spišiak ji definují jako vypálenou keramickou surovinu s přidavkem grafitu, jehož procentuální obsah je variabilní. Množství obsaženého grafitu je pak odvislé od množství dodané grafitové rudy a míry jejího přidání do keramického těsta. V keramickém střepu podle nich po výpalu zůstává zhruba polovina grafitu, který hrncíř do těsta přidal (Fusek – Spišiak 2005, 288–289). Nadrcený grafit mohl být do hlíny přidáván v suché podobě, načež se zalil vodou a promíchal, nebo se spíše rovnou smíchal s vlhkou hlínou (Scharrer-Liška 2007, 21).

Makroskopicky nelze grafitovou keramiku dále rozlišovat. Grafit byl totiž přidáván do keramického těsta nikoli jako čistý produkt (tuha), nýbrž jako nadrcená grafitová hornina a její vzhled mohou ovlivňovat další příměsi běžné v těchto horninách jako muskovit, biotit či chlorit. Experimenty doložily, že díky vysoké kryvosti stačí již 5–7 % grafitového pigmentu (či jiné formy uhlíku), aby bylo keramické těsto zabarveno. Minimální hranice, kdy tedy můžeme mluvit o grafitové keramice, činí 5 %, což je ovšem údaj nepostihnutelný laboratorní analýzou, pouze subjektivně okem. Taktéž nelze makroskopicky doložit původ pigmentu, který může být organický i anorganický (Gregerová – Procházka 2007, 271, 275; Gregerová *a kol.* 2010, 131–138). V tomto ohledu je nutné zmínit i možnost migrace uhlíku, kterou experimentálně ověřila J. Dvorská. V teplotním rozsahu cca 500–700 °C prokázala penetraci keramického střepu uhlíkem z dřevěného uhlí při jejich vzájemném kontaktu (Dvorská 1999).

Srovnáme-li publikované analýzy souborů grafitové keramiky z posledních let, pak můžeme vysledovat značnou rozrůzněnost v obsahu přidaného grafitu. Brněnská grafitová keramika z přelomu raného a vrcholného středověku je povětšinou středně, zřídka i jemně zrnitá, přičemž ostřivo osciluje mezi 20–40 %. Vyskytují se hodnoty níže i výše tohoto rozsahu (Gregerová – Procházka 2007, 276). Slezská grafitová keramika z hradu Ostróg v Ratiboři z 12.–13. století obsahovala kolem 7,6 % u hrnce a 22,6 % u zásobnice. Podíl obsaženého grafitu může korespondovat s velikostí nádoby (Rzežnik – Stoksik 2004, 339–340). Analyzovaná grafitová keramika ze slovenské Nitry-Šindolky byla vyrobena jak z keramického těsta, kterému nebyla věnována větší pozornost při její přípravě, tak i s dobře rozemletou grafitovou horninou. Metodu přípravy hlín přirovnávají k odbyté keramice z Auhof bei Perg a kvalitněji připravené z Gars Am Kamp – Thunau v Rakousku. Keramika z Nitry-Šindolky obsahovala minimální hodnoty neorganického uhlíku, naopak obsahovala grafitový uhlík od velmi nízkých příměsí (pod 10 %) až po hodnoty nad 35 %. Pro porovnání vybraná keramika z Gars – Thunau obsahovala pak 52,4 % grafitového uhlíku, což odpovídá i moravským rudám s obsahem okolo 53 % (Fusek – Spišiak 2005, 280–281, 285, 287, 289–291; Dell'mour 2001, 88;

Krejčí – Štrejn 1965, 215; Scharrer 2001, 56). Odzvěru rané hostředověku bylo největší množství grafitu přidáváno do silnostěnných nádob – hrncovitých tvarů a především zásobnic. Severomoravské zásobnice typu III a IV obsahují dokonce tolik grafitu, že se po exkavaci začaly drolit, přesnější údaje však publikovány prozatím nebyly (Goš – Karel 1979, 171).

VÝPAL GRAFITOVÉ KERAMIKY

Důležitým faktorem při výrobě grafitové keramiky je teplota výpalu. Grafit se totiž v oxidačním prostředí vyžlhlá a keramika je pak silně pórovitá. K procesu vyhoření grafitu dochází v oxidačním prostředí již od 400 do 1 100 °C (Kappel 1969, 24), ovšem lze se setkat i s hodnotami jinými (srov. Koucká – Novák 2016, 57–58). Například G. Fusek a J. Spišiak (2005, 291) uvádějí rozmezí 510–550 °C pro jemný a submikroskopický grafit a 700–730 °C pro hrubozrnný grafit. M. Holub (2015, 136) uvádí teplotu okolo 500 °C. Setkáme se i s rozsahem 400–600 °C (Procházka *et al.* 2011, 308) či 600–700 °C (Kužvart 1984, 124). Tyto hodnoty se však nejspíše mohou různit podle velikosti grafitové frakce a specifických podmínek v peci (Koucká – Novák 2016, 57–58). Výsledné hodnoty ovšem mohou ovlivnit jednotlivé typy provedených laboratorních analýz a nesourodý přístup různých laboratoří. Je nutno tedy k uvedeným výsledkům přistupovat kriticky (Matějková 2014, 93–96).

Dle M. Gregerové dochází v peci nad 700 °C k přeměně redukčního prostředí v oxidační a pouze vyšší obsah karbonátů v keramice by mohl toto číslo navýšit (Gregerová – Procházka 2007, 276). A. Shepardová (1985, 88) uvádí, že změna redukčního prostředí na oxidační nezávisí pouze na teplotě, ale i délce výpalu, také na složení keramické hmoty, druhu topiva a tahu pece. Dokládá to etnografickým pozorováním středoamerických hrncířů, kde teploty černého leštěného zboží dosahovaly až 750 °C, ačkoli se po většinu času pohybovaly v rozmezí 400–570 °C (táz 1985, 87–91), nebo i D. Miller, jehož měření u indických hrncířů ve vesnici Dangwara dosáhla u redukčního zboží i přes 800 °C (Miller 1985, 228–232, Fig. 71). Kombinovaná atmosféra, ovšem jasně oddělená, nastala při experimentálním výpalu R. Théra, kdy v peci naměřil teploty 800 °C s nádobami vypálenými oxidačně do červena, ale v druhé polovině peciště byla maximální teplota jen 650 °C a nádoby byly vypáleny redukčně do černa (Thér 2012, 117–120).

Teplota výpalu grafitových nádob z Ratiboře se pohybovala v rozmezí 550–600 °C, což koresponduje i s keramikou z Vratislavi a Żukowic u Głogowa (Rzežnik – Stoksik 2004, 340–341). Teplota výpalu z Nitry-Šindolky byla mnohem výše, totiž v rozmezí 700–900 °C (Fusek – Spišiak 2005, 291), podobně jako zboží z Brna, kde se teplota pohybovala nejčastěji do 700 °C, vyskytly se ale i případy v rozsahu 500/600 °C či až 900 °C (Gregerová – Procházka 2007, 276). Publikované údaje teplotních maxim při výpalu laténské grafitové keramiky shrnul M. Hlava. Rozsah se pohybuje v maximu kolem 900 °C, některé soubory i pod 700 °C (Hlava 2008, 232).

EXPERIMENT: HLÍNA A JEJÍ PŘÍPRAVA

Na pokus o výpal grafitových zásobnic bylo připraveno 48 kg hlíny, sestávající ze spráše natěžené v okolí Dolního Bukovska (okr. České Budějovice). Vzhledem k plánovanému využití pro výrobu zásobnic z ní byly odstraněny jen větší kaménky nad 4 mm a organická hmota v podobě přimíchaných trav či kořinek rostlin. Hlína byla na podzim rozmělněna motykou, prolita vodou, překopána a přes zimní měsíce ponechána k přemrzání za přístupu deště a sněhu. Na jaře byla několikrát prolita vodou a překopána, přimíchána nadrcená technická tuha, několikrát opět překopána a v závěru prošlapána. V době experimentu nebylo dostatečné množství grafitové horniny, proto byla do keramického těsta přimíchána technická tuha, nadrcená z 3 kg lisovaných desek na frakci od jemného prachu do velikosti zrn maximálně 4 mm. Takto připravená hmota byla ponechána k odležení, přičemž z ní byly vytvořeny cca 5 kg koule, které byly nadále skladovány, aby se mohly nechat odležet na tmavém místě.

VÝROBA NÁDOB A JEJICH SUŠENÍ

Z hlediska dlouhodobého sledování časové náročnosti výroby nádob pomocí válečkových metod byl vybrán postup, jenž je neekonomičtější. Šlo o kombinaci technik, sestávající z vytočeného dna a spodní části na rychlém kruhu, tvorby těla nádoby z válečků a jejich formování za pomoci obtáčení na nožním kruhu. Takto bylo možné zásobnici zhotovit za 2,5 hodiny. Pro srovnání uvedme, že vyrobení menší grafitové zásobnice kompletně z válečků (v. 32 cm, max. šíře 21 cm, vypálená váha 6,2 kg) na otočné desce roztáčené samotným hrčičem trvalo 3,75 hodiny, tedy o hodinu a čtvrt déle (Macků 2016, 85). Naopak výroba větší zásobnice z válečků bez jakéhokoli otočného zařízení (v. 75 cm, max. šíře 55 cm, vypálená váha 68,7 kg) trvala 50 hodin za účasti 2–5 osob (Tintěra et al, 1986, 274–278).

Zásobnici č. 1, která byla volně inspirovaná archeologickým nálezem z Rýmařova, trvalo vyrobít 2,5 hodiny (obr. 1). Její výška dosahovala 42 cm a v nejširším místě, okraji, dosahovala 24 cm. Na výrobu bylo spotřebováno 18 kg grafitového těsta a nádoba po vysušení



Obr. 1: Postup výroby zásobnice č. 1. Foto: P. Macků 2021

vážila 14,5 kg. Vysušením tedy došlo ke snížení hmotnosti o 19,4 %. Po přežahu a opětovném nasycení vzdušnou vlhkostí nádoba vážila 13,4 kg. Zásobnice byla vyrobena kombinováním metod. Na točírskou desku kopacího kruhu byla nanášena podsýpka v podobě křemičitého písku s frakcí okolo 1 mm s občasnou příměsí křemičitých kaménků do velikosti 3 mm. Na podsýpku byla nahozena předem prohnětená, 8 kg vážící, koule keramického těsta. Okolní písek byl sfouknut a nahozená hrouda upravena vycentrováním a vytážením do kachlice. Dno a spodní část, cca do 10 cm byla následně vytočená za pomoci rychlejších otáček. Následovala čtyři kola přidávání válek vyválených do délky 1–1,5 m a průměru 3–4 cm, které byly lepeny na sucho. Oba konce byly seříznuty pod úhlem 30–45° pro lepší napojování další vrstvy či války. V prvním kole byly přilepeny tři války, v druhém kole dva války a ve třetím kole jeden, který sloužil jako vyrovnávací. V posledním, čtvrtém kole, byl přidán válek o síle 4–5 cm, ze kterého byl natvarován okraj. Po každém kole byly válečky mírným tlakem svrchu zhutňovány a prsty byla hmota přetahována přes spoj z horních na spodní války (podrobněji k experimentální výrobě obtáčených nádob *Macků 2016*, 83–85). Mírným poklepáváním celého vnějšího povrchu dřevěnou latí byla hmota zhutňována a tvarována do požadovaného tvaru. Následně byl povrch pomocí hrnčířské čepele za pomalého otáčení kruhu srovnán na vnější straně a poté obtáčen prsty na obou stranách (s důrazem na hladkost povrchu na vnější straně). Výroba probíhala v horkém

letním dni, proto nádoba během výroby zvolna přecházela do kožovitého stavu, což zamezovalo jejímu borcení. V tomto ohledu je nutné zmínit i fakt, že přidání grafitu v keramické hmotě, v porovnání se stejnou spráší bez něj, měl tendenci rychleji odpařovat vlhkost. Projevovalo se to i rychlým vysoušením pokožky rukou při pauzách či nečinnosti. Při výrobě tak nedocházelo k nežádoucímu převlhčování nádoby. Naopak bylo nutné předpřipravené válečky dodatečně před aplikací na nádobu zvlhčovat, aby byla uchována jejich plasticita a hmota nepraskala. Výzdoba byla provedena ihned po začištění celého povrchu. Nádoba byla ponechána na kruhu do druhého dne, kdy byla stržena pomocí tlaku při dně a přesunuta na vzdušné stinné místo (dřevěná bouda). Pro pozvolnější vysychání byla zakryta igelitem, ale příliš se „potila“ a z obav o její zborcení byl igelit odstraněn. Počasí v dalších dnech bylo deštivé a chladné, nádoba tedy vysychala pozvolna a nepopraskala. Zásobnice č. 2 byla vyrobena stejným způsobem. Její výroba trvala 2,9 hodiny. Spotřebováno bylo 20 kg grafitového těsta, které po vysušení vážilo 15 kg. Nádoba tedy prvotním vysušením ztratila 25 % hmotnosti. Na výšku nádoba dosahovala rovněž 42 cm a v nejširším místě, na výduti, dosahovala 24,5 cm. Vysoušení probíhalo opět postupně v deštivých dnech bez jakýchkoli prasklin. Ze zbývajících těsta byly vyrobeny ještě tři hrnce stejnou technikou, opět velmi volně podle nádob 13.–14. století z Jihlavska (obr. 2).



Obr. 2: Vsádka grafitového zboží. Foto: P. Macků 2021

STAVBA MILÍŘE A VÝPAL

V rámci experimentu proběhl přezah a později i výpal ve dvou samostatně konstruovaných milířích. První přezah nádob proběhl v Archeoskanzenu pod Dívčím Kamenem (k výrobnímu okrsku *Macků 2019*) ve dnech 16.–17. 7. 2021 mezi 21:00–2:00 hodinou, přičemž milíř byl otevřen druhý den v 8:40 hod. Počasí bylo proměnlivé, převážně slunečné, s teplotou na počátku výpalu 25 °C, s bezvětřím a nízkou relativní vlhkostí. Předlohou milíře byly experimentální pícky z Panské Lhoty a Všestar (*Koucká – Novák 2016*, 59–61; *Thér 2004*, 45–48).

Stavba prvního milíře zabrala celkem 5,5 hodin v jednom člověku, kdy samotná stavba od terénních úprav po obložení nádob dřevem trvala 3 hodiny. Většinu času ovšem zabralo štípání dřeva, které kdyby bylo připraveno dříve, celkový čas by byl jen cca tři čtvrtě hodiny. Další 2,5 hodiny zabral omaz hlínou. Práce začala zahloubením do rostlého terénu v písčité inundační vrstvě křemežského potoka. Kruhová jáma o průměru 80 cm byla hluboká 20 cm. Dno bylo vyskládáno plochými kameny a srovnáno do roviny. Mezery byly prosypány dřevěným uhlím, následně i smrkovými pilinami a kousky smrkové a borové kůry. Na toto byl položen rošt z našťipáných smrkových trámek, které byly opět prosypány pilinami s kůrou. Na rošt byly rozmístěny nádoby do podoby kříže, přičemž zásobnice byly postaveny na jižní a severní část jámy s 5 cm mezerou mezi nimi a na západní a východní stranu k nim byly s malou mezerou usazeny dva grafitové hrnce, sloužící jako nárazníková zóna topenišť plánova-

ných v daných místech. Mezi všechny nádoby na středu byl umístěn kontrolní hliněný váleček stočený do spirály. Všechny nádoby byly až po okraj naplněny smrkovými pilinami, do zásobnice č. 1 byl vložen další grafitový hrnec a do zásobnice č. 2 pak sprašový pohárek bez příměsí grafitu. Obě zásobnice byly zaklopeny miskami z předchozích výpalů (obr. 3). Okolí nádob bylo obsypáno zlomky kůry a poté byly dokola nádob umístěny rozštípané smrkové trámky. V druhé vrstvě byly dokola umístěny ještě trámky o silnějších průměrech. Spodní okraj této dřevěné pyramidy byl zahrnut vykopanou hlínou z jámy, následně ušlapané a ohraničené kameny. Pyramida byla od kamenů postupně vzhůru omazána spraší (stejnou, ze které byly vyrobeny nádoby), připravovanou v hliníku vedle milíře. Po celkovém omazání byl celý povrch pokryt čerstvě nasekanou vysokou trávou a omazán podruhé. Síla omazu tak činila nepravidelných 5–10 cm (obr. 4). Při západní a východní straně byly ponechány otvory cca 20 cm, sloužící jako topeniště a zároveň ponechán otevřený komín na vrcholu kopule o průměru 10 cm. Výška milíře činila 90 cm (se zahloubenou částí 110 cm).

Měření teploty výpalu v milíři zajišťovala dvojice sond, zavedených skrze severní stěnu milíře do jeho střední části (sonda 1) a v jeho vrcholu (sonda 2). Sondy byly napojeny na termometr TM-947SD Type K/J/R/E/T/S, Pt 100 Ohm se záznamem po jedné minutě. Bohužel se neopatrnou manipulací nepodařilo záznam z obou sond uložit. Naštěstí byl veden i ruční záznam teplot v nepravidelných intervalech včetně poznámkového aparátu, na základě kterých lze znázornit teplotní křivku (graf 1). V pozdních fázích výpalu byl



Obr. 3: Rozmístění nádob na dně budoucí milířovitě pícky. Před hrnci budou zbudovány topeništní otvory. Foto: P. Macků 2021

pro měření teplot v komínu použít pistolový měřák Testo 835-T2, kde byla každá fáze měření provedena natřikrát a výsledek zprůměrován.³ Křivku teplot výpalu ukazuje graf č. 1, který zachycuje obě čidla: horní (oranžová linie) a spodní (modrá linie), které však 3 hodiny neměřilo správně (pouze hodnoty okolo 18 °C). Toto chybné měření se nám nepodařilo rozklíčovat. Šedá přerušovaná linie jsou nárazové kontroly pistolovým termometrem v komínu. Strategií výpalu bylo pálit do 650 °C pro zachování ideálních podmínek pro uchování grafitu v keramickém těstě a pro finální zredukování atmosféry byl milíř v závěru přezahu ucpán – nejprve obě topeniště, následně i komín. Teoretická příprava a opatrný přístup k vlastnímu experimentu vycházel především ze dvou publikovaných milířových výpalů v Panské Lhotě se snahou dosáhnout teplot 500 a 600 °C a konstatováním, že zde při pozdějším výpalu v keramické peci při 800 °C grafit plně vyhořel (Koucká – Novák 2016, 61–63). To odpovídá i vlastním předchozím experimentům s výpalem v dvoukomorové peci s roštěm v Archeoskanzenu pod Dívčím

kamenem, kde tuto problematiku sleduji od roku 2018. Cílem těchto výpalů bylo pálení v peci s udržováním teplot do 700 °C, zachování redukční atmosféry po co nejdelší čas a vliv jednotlivých druhů topiva a atmosférických, jinak neovlivnitelných, jevů na výpal (tyto experimenty budou publikovány samostatně). Konkrétně šlo o přezah z 5.–7. 10. 2018, kdy bylo dosaženo smíšené atmosféry, nicméně grafit z nádob nevyhořel. Nejvyšší dosažená teplota činila podle termometru 622 °C. Další přezah proběhl 11.–13. 10. 2019, kdy byla pálena převážně grafitová vsádka v otevřené peci a ucpáním všech otvorů v závěru. Kontrolní žároměrka s bodem tání 752 °C byla spečená, jiná s bodem tání 843 °C byla ohnutá a žároměrka s teplotním maximem 1 043 °C byla beze změn. Všechny žároměrky byly v misce, umístěné při vrcholu vypalovacího prostoru. Vsádka byla jednotně oxidačně vypálena do okrových až červenavých odstínů, v keramickém těstě zůstaly jen větší hrudky grafitu. Prachový grafit zcela vyhořel. Naopak v převážně negrafitové vsádce ve stejné peci ze dne 24.–25. 7. 2020, kde bylo umístěno šest grafitových



Obr. 4: Stavba milířovité pícky. Vlevo první vrstva omazu, vpravo hotová pícka. Dole schematický náčrt konstrukce. Foto: J. Figura, P. Macků 2021

³ Za zapůjčení termometrů děkuji Mgr. Kateřině Těsnohlídkové z Ústavu archeologie a muzeologie, Masarykovy univerzity Brno.



Obr. 5: Zažehnutý milíř s dobře patrnými topeništi a komínem. Foto: P. Macků 2021



Obr. 6: První pohled na vsádku po prolomení stěny milíře. Foto: P. Macků 2021

nádob, se podařilo zachovat vhodné podmínky pro přežah. Bylo toho dosaženo jejich uložením uprostřed vypalovacího prostoru a zastavěním ze všech stran ostatními nádobami, jinak vypálených do oxidačních odstínů. Podle termometrů byla nejvyšší dosažená teplota v peci 709 °C. Pro doplnění ještě lze uvést, že v dané peci se daří dosáhnout standardně 900 °C, nejvyšší, cíleně dosažená teplota byla 980 °C.

V rámci přežahu se vzhledem k silnostěnnosti zásobnic podařilo držet plánovaného dosoušení, stejně jako čerstvého hliněného omazu milíře, po dobu alespoň dvou hodin (levá část grafu č. 1 T 21:00–23:12, též tab. 1). Poté se milíř začal vyhřívat rychleji a na prvním „schodu“ výpalové křivky měl tendenci zažítat přes jiskry dřevo uvnitř, především ve východním topeništi, kde jsme ho čtyřikrát udusili (T 22:40). V T 22:54 jsme již žár neuhlídali a vnitřek milíře se zažehl (obr. 5), nechali jsme teplotu prudce stoupat až do T 0:05, kdy jsme zkusmo přidusili průduchy v topeništích a ponechali jen malé ventilační otvory. Nárůst teploty se výrazně zpomalil (po krátkodobém poklesu). Takto jsme pokračovali až

k teplotám mezi 600–650 °C (T 0:59–1:40), kdy jsme utěsnili topeniště a následně i komín (T 1:57). Další přerušení křivek je dáno spánkem paličů a opětovným zapisováním hodnot až po probuzení, kdy teploty byly pouze lehce přes 200 °C (T 7:53 druhý den 17. 7. 2021). Po prolomení milířových stěn teplota prudce stoupla zážehem nespáleného dřevěného obložení (T od 8:21, obr. 6).

Přežah v milíři neproběhl rovnoměrně. Zapříčinila to krátká „vrcholová fáze“ při nejvyšších teplotách, kterou jsme ukončili příliš brzy zacpáním otvorů. V severní části milíře nevyhořelo obložení okolo zásobnice č. 2 úplně, a nádoba tak nebyla vytvořena žárem dostatečně. Poukázal na to fakt, že při manipulaci po vytáhnutí z popeliště praskla ve spoji válečků na plecích a ani sprašový pohárek, umístěný v nespálených pilinách uvnitř, nebyl přežahnut prakticky vůbec (obr. 7: nahoře). Zásobnice měla z jedné strany na povrchu plošnou krakeláž. Vzhledem k tomu, že šlo o stranu převrácenou k topeništi, souvisí tento jev nejspíše s plameny a teplotou sálající z něj v kombinaci s vlastnostmi použité spraše (obr. 8).



Obr. 7: Vsádka po přežahu (nahore) a po výpalu (dole). Foto: P. Macků 2021



Obr. 8: Stav zásobnice č. 2 po přezahu. Vlevo jen povrchově přezahnutý stěp, vpravo povrchová krakeláž. Foto: P. Macků 2021



Obr. 9: Pohled do zásobnice č. 1 s vloženým přezahnutým hrncem. Foto: P. Macků 2021

Naopak u zásobnice č. 1 byl dostatečně vytvrzen i hrnec umístěný uvnitř (obr. 9). Nádoby získaly sytě černou barvu, jen lokálně tmavě šedou. Výjimkou byl hrnec umístěný v nárazníkové zóně plamenů u západního topeniště, který byl z jedné strany opálen do šedých až okrových odstínů (oxidačních, obr. 7: nahoře, uprostřed vlevo). Střep po přezahu byl měkčí, nádoby na poklep vydávaly spíše dutější zvuk, „nezvonily“, případně jen velmi málo. Vryp nehtem byl pouze povrchový, nožem snadný.

Další výpal byl pod hradem Dívčí Kámen započat dne 31. 10. 2021 v čase 13:05 a milíř byl ucpán v 21:35 hod. Otevřen byl druhý den, 1. 11. 2021 v 8:30, přičemž v 9:15 byl již rozebrán na jednotlivé stavební materiály (kameny, svrchní jemný omaz, spodní hrubý, částečně přezahnutý omaz). Druhý milíř byl postaven v ploše již silně destruovaného milíře předchozího. Během tří měsíců od přezahu se těleso pícky vlivem vlhkosti a povětrnosti zřítilo a spráš použitá

na její omaz se začala rozplavovat (obr. 10). Veškerá kubatura omazu byla odstraněna, ponechán byl pouze obvodový věnec z kamenů a zároveň nebyl objekt vybírán a zahlučován. Vsádka, tvořená převážně nádobami z předchozího přezahu, byla vyskládána do věnce na dřevěný rošt a opět obložena dvěma vrstvami naštípaných trámek prosypaných úlomky dřev a třískami. Na omaz byla kompletně použita recyklovaná hlína z prvního milíře, následně jako mezivrstva byl povrch „potažen“ nasekanou vysokou trávou a opětovně omazán další vrstvou zpracované spraše. Kubaturou použité hlíny byl druhý milíř tedy o 1/3 větší, stěny měl silné zhruba 10 cm a komolý kužel tělesa byl výrazně pravidelnější. Opět byly vytvořené dva topeništní otvory na západní a východní straně milíře. Stavbu prováděli dva lidé a trvala 2,25 hodiny, včetně rozebrání destrukce prvního vypalovacího zařízení, tedy o tři hodiny méně než při prvním experimentu.

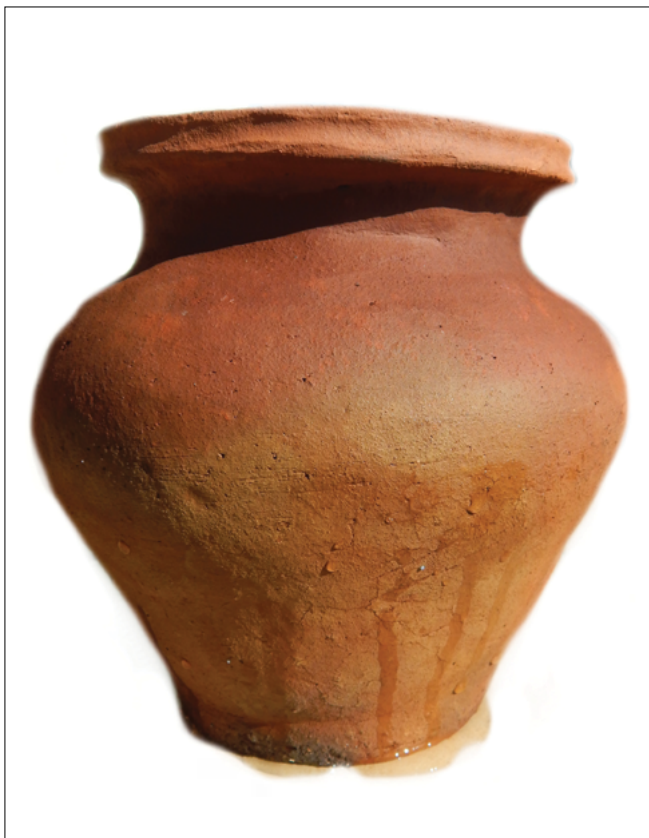


Obr. 10: Archeologizace milířové pícky: stav po přezahu (vlevo) a o tři měsíce později. Foto: P. Macků 2021



Obr. 11: Kontrolní vzorek přezahnutého grafitového válečku (vlevo nahoře) a ukázky nástřepí grafitového hrnce po přezahu a výpalu v milíři. Foto a úprava P. Macků

Výpal probíhal tentokrát bez termometrů a jeho cílem bylo pálit za nižších teplot se zvýšením žáru v závěru, aby nádoby získaly světlý povrch typický pro oxidační výpaly se zbytkovým tmavým jádrem z předchozího přezahu. Tentokrát vše probíhalo většinou za denního světla, abychom mohli sledovat veškeré procesy v píce i s jejím pláštěm. Po zapálení obou topenišť (T 13:05–13:20) byl opět oheň udržován v předpecních jámách a dovnitř vhnán jen horký vzduch, aby se dosušily nádoby i vnitřní plášť konstrukce. Počáteční odpar vycházející z komína se začal po dvou hodinách ohřívát (T 15:05), přičemž dvacet minut poté začal páru z komína vytlačovat i kouř. Pravděpodobně došlo k zážehu u jednoho z otvorů, proto jsme vsunuli topivo do obou topenišť. Teplota začala narůstat, což doložil i dým, který se již „neplazil“ okolo pece, ale začal stoupat přímo vzhůru z komína. V čase 17:05 začalo doutnat dřevo v okolí komína, načež po pěti minutách z něj vyšlehl plamen. Opět, stejně jako u přezahu, lépe prohořovala konstrukce od západního topeniště, což jsme vyhodnotili jako vliv proudění větru v místě. Teplotu narůstající v pecišti dokládala proměna plamene vycházejícího z komína. Právě na základě jeho barev odhadujeme, že teploty, dosažené při tomto výpalu se pohybovaly mezi 800–900 °C, kdy atmosféra v peci byla tmavších červených až červených odstínů. V závěru výpalu od T 20:00 jsme zvýšili teplotu a barva přešla do oranžové čili teplota vystoupala nejspíše i nad 800 °C (srov. Chavarria 1999, 72; Rada 1956, 152, zachycující data z laboratorního prostředí). Milíř byl ucpán po sedmi a půl hodinách, přičemž nejprve se uzavřela topeniště, poté komín (T 20: 50).



Obr. 12: Nádob s vyhořelým grafitem několik minut po nalití tekutiny.

Foto: P. Macků 2016

Následující den byl milíř, po dvanácti hodinách chladnutí, otevřen a nádoby byly vytaženy a ponechány k chladnutí v popelišti. Nádoby měly po poklepu lehce zvonivý tón a jejich povrch vykazoval nepravidelné barevné odstíny a skvrny od okrových, přes červené a hnědé, až po šedé a černé (obr. 7: dole). Pouze jeden pohár, pálený v zaklopené zásobnici vykazoval celoplošný černý odstín. Barvu ostatních určovalo umístění v milíři, především ve vztahu k topeništím. Červené odstíny se objevily pouze u hrnců, které měly dlouhodobý přímý kontakt s plameny z topenišť. Jeden z těchto hrnců praskl a byl využit jako referenční z hlediska studia nástřepí (obr. 11). Před výpalem měl přezahnutý šedý hrnec celoplošně povrch pokrytý souvislou černou vrstvou uhlíku z redukční atmosféry. Po výpalu byla tato černá vrstva detekovatelná především na vnitřní straně hrnce, zvenčí pouze na straně odvrácené od plamenů. Většinou však byla nahrazena světle šedými až okrovými odstíny, čímž došlo k tzv. sendvičovému efektu. V místě kontaktů s plamenem pak byla vnější strana hrnce červená, hlouběji do povrchu pak přecházel odstín do okrové a původní šedé.

DISKUZE

Shrneme-li výše uvedené úvahy, proč se grafit do keramického těsta přidával a zkušenosti s experimentální výrobou grafitové keramiky a především zásobnic, pak lze uvést následující: při fázi výroby těchto masivních nádob pomáhal přidávaný grafit už při jejich tváření, kdy zlepšoval pojivost a plasticitu hmoty a nízký koeficient tření pomáhal keramické těsto lépe profilovat. Při experimentech se osvědčilo lepit jednotlivé války k sobě bez použití zvlhčování či šlikru. Nejen že jde o časově ekonomičtější variantu, ale nedochází tolik k převlhčování tvárené nádoby a snižuje se míra pravděpodobnosti jejího zborcení. Platí to především u větších nádob (srov. Macků 2016, 83–84; Tintěra et al 1986, 285). Vysoká koncentrace grafitu v keramické hmotě při fázi sušení nejspíše snižovala míru smrštivosti, a tedy napomáhala v jednom z nejkritičtějších okamžiků výroby nádob. U silnostěnného střepu zásobnic, které jsou náchylné k praskání především na dně, případně ve spojích (u obtáčené techniky výroby) by toto mohl být významný důvod, vedoucí k minimalizaci zmetkovitosti jinak časově a materiálově náročných nádob. Nabízí se otázka, zda na ústupu grafitového zboží ve 14. století nemá vliv i zavedení rychloobrátkových kruhů, kde je spojů na nádobách minimum či žádné a smrštivost mohla být i vyšší? Zda při samotném výpalu tepelné vlastnosti grafitu napomáhaly lépe plošně rozvádět teplo a nádobu rozehtřívaly pravidelněji, což mj. opět zabraňovalo jejímu popraskání, budou muset zodpovědět až další experimenty.

Otázkou též je, zda ve velkých zásobních nádobách, určených pro netekuté materiály, nemohl být grafit přidáván záměrně jako lehčivo. Jeho vyhořením by vznikalo množství pórů a mnohakilogramová nádoba by byla jistě lehčí. Na druhou stranu je pak ovšem nutné uvést, že takto pórovitá keramika by naopak byla i křehčí (Koucká – Novák 2016, 64–65) a nemohla by sloužit pro uchování tekutin (obr. 12). Takové nádoby by primárně tvořily funkci obalu, který zůstával v místě prodeje s prodávanou surovinou (Rzežník – Stoksík 2004, 342; Varadzin 2010, 53). Z takových úvah také můžeme

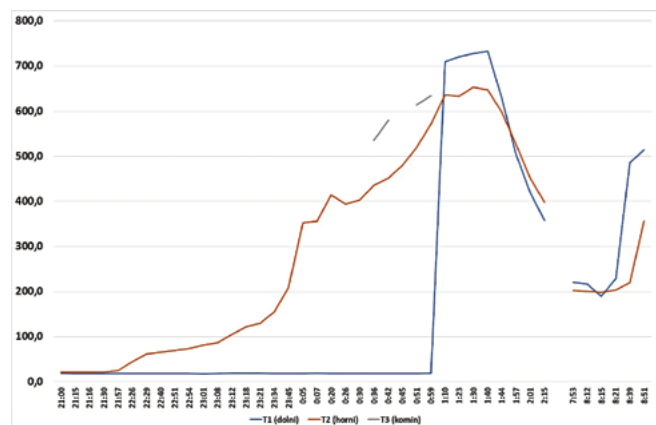
Tab. 1: Přehled v milíři dne 16.–17. 7. 2021

°C	Čas	Proces	Technologický proces v hlině (dle Josef 1994, 11)	Barva žáru v peci (dle Rada 1956, 152)	Barva žáru v peci (dle Chavarria 1999, 72)
0-65,4	21:00-22:40	zapálení topenišť v předpecních jamách mimo milíř, dosušení pece a nádob, postupně houstnoucí pára z komína, zpočátku nestoupá vzhůru, postupným ohříváním kolmý odtah	vypaření zbytků vody	-	-
65,4-73,9	22:40-22:54	„zažehnání milíře od východního topeniště, následně i západního, zahoření komínu a nízký „liščí ohon““ (plamen z komínu)“		-	-
121,4	23:20	páru postupně nahrazuje kouř, dým stoupá vzhůru, liščí ohon červený		-	-
155,6	23:34	liščí ohon přebarvuje na žlutou, 40 cm nad komínem	destilace organických pojiv, uhelnatění	-	-
208,6	23:45	„v peci „líný“,“ temně rudý plamen, nádoby tmavé“	vyhořívání uhlíku	-	-
325,6	0:05	oheň v milíři prohořívá k čidlu sondy, zkusmé přidušení obou topenišť a jejich ucpání		-	-
403	0:30	zpomalený nárůst teplot, bez liščího ohonu, proražení malého otvoru u západního topeniště		-	-
451,9	0:42	drobný liščí ohon	dehydroxylace jílových minerálů (ztráta volné a vázané vody), od 600 °C začátek tvorby sloučenin	-	-
571,7	0:59	liščí ohon modré barvy		počáteční červený žár	550-600 slabě červená
636,3	1:10	prudký nárůst teplot, začalo fungovat čidlo č. 1 (709,7°C), plamen stále modravý			červená postupně tmavne
646,9	1:40	ucpání východního topeniště, prudký propad teplot, nejvyšší teplota u čidla č. 1 (732,4°C)			
522,4	1:50	ucpání komínu, pec dýmá skrze drobné praskliny, omazáno			
-	-	-	-	-	-
202,7	8:12	otevření komínu	-	-	-
219,4	8:39	proražení milíře na západní a východní straně, zážeh nespáleného topiva, vytahování nádob	-	-	-
356,1	8:51	nádoby vytaženy, vyhořívání zbytkového paliva (čidlo č. 1 vykazuje 514,3°C)	-	-	-

vyloučit některé výše uvedené, grafitem silně ostřené severomoravské zásobnice III. a IV. typu v typologii V. Goše a J. Karla. Pro přepravu by byly nevhodné (Goš – Karel 1979, 172). Obecně je ovšem nutné být u daných úvah prozatím vysoce kritický, neboť pro transport obilovin či jejich produktů z hlediska hmotnosti i trvanlivosti obalu byly jistě vhodnější látkové pytle či dřevěné nádoby. Zásobnice jsou při manipulaci kvůli svému těžišti velmi těžké a také jistě patřily k drahým komoditám. Musíme tedy o zásobnicích prozatím přemýšlet spíše jako o stabilně usazených obalech v domech. Minimálně do doby, než budou lépe podchyceny distribuční okruhy a materiálové analýzy, které nám dokáží pohyb mezi hrnčířskými dílnami a jejich odběrateli.

ZÁVĚR

Experimentální výpal v jednorázové píce milířového charakteru prokázal možnost pálit grafitovou keramiku velmi rychlým a na spotřebu paliva efektivním způsobem. Vzhledem k možnosti regulovat teplotu uvnitř pícky nebyl problém po celou dobu kontrolovaně zvyšovat či snižovat teplotu, podle aktuálních potřeb vypalovacího procesu. Při přezahu jsme dosáhli maximální teploty v milíři 732 °C v horní části a 653 °C v dolních partiích, šlo však o plánovaný strop. Při druhém, méně regulovaném výpalu byla teplota pravděpodobně vyšší. Odpovídá to již dříve provedeným výpalům, konkrétně 500–850 °C (Tintěra et al 1986, 292–293), 868 °C při výpalu ve Věstarech (Thér 2004, 48) a krátkodobě naměřených 740 °C a za pomoci měchu dosažených 720 °C v Panské Lhotě (Koucká – Novák 2016, 61–62). Zároveň lze velikost konstrukce snadno upravovat podle velikosti vsádky a není tedy problém pálit ani rozměrově



Graf 1: Záznam výpalu v milíři dne 16.–17. 7. 2021. Modře sonda 1, oranžově sonda 2, šedě pistolový měřák (komín). P. Macků 2021

nadstandardní tvary zásobnic, a to i v jejich větších počtech. Milířový výpal se tedy jeví jako vhodnější pro výpal zásobnic oproti pouhému pálení v ohni či jámě, kde je výsledek z velké části nekorigovatelný a zmetkovitost vyšší.

Milíř vlivem povětrnostních vlivů rychle zaniká a rozplavuje se již v řádu týdnů. Po rozebrání konstrukce, kdy hliněný omaz kopule může být znovu recyklován, zůstává na místě pouze mírně zahloubená propálená jáma, která se běžně objevuje na archeologických lokalitách pravěku a středověku. Bez dalších nálezových okolností nelze tyto objekty přesněji interpretovat. Jednorázová pec se tak nabízí jako jedna z možných interpretací. Prozatím nám chybí jakékoli doklady o způsobu vypalování grafitových zásobnic, nicméně provedený experiment prokázal, že jednorázová pec milířového typu by mohla být řešením této otázky. Jedním dechem je však

nutné dodat, že do nálezu archeologicky jasné situace zůstává výše zmíněné jen hypotézou.

V experimentálních výpalech grafitových zásob a zásobnic bude nutné pokračovat, přičemž se naskýtají další otázky především z oblasti jejich životnosti a používání v komparaci se znaky archeologizovaných původních nádob, ale i další technologické stopy. Tím je myšlen například celoplošný okrový až červenavý nádech povrchu některých nalézáných zásobnic. Tohoto jevu se nám podařilo dosáhnout, ovšem pouze s nejednotnou lokální barevnou variací na nádobách. Otázkou nadále zůstává, zda jde o vrcholovou fázi přezahu, kdy byla teplota krátkodobě záměrně zvýšena a vypalovací atmosféra se stala oxidační, nebo šlo o projev druhého výpalu za vyšších teplot, zajišťující důkladné vytvrzení nádob. K hledání těchto odpovědí je experimentální archeologie v kombinaci s exaktními analýzami vhodnou platformou.

LITERATURA

Čapek, L. – Těsnohlídková, K. – Slaviček, K. – Všianský, D. – Pracný, P. 2018: Technologie výroby a archeometrické studium středověké keramiky. Plzeň/Brno.

Dell'mour, R. W. 2001: Mikroskopische Untersuchungen an frühmittelalterlicher Keramik von Thunau am Kamp. Nord Österreich. Lokalware – Importe – Rohstoffherkunft. Anz. Phil.-Hist. Kl. 136, 69–109.

Dvorská, J. 1999: Raně středověká keramika jako objekt přírodovědného studia. Doktorská práce. Přírodovědecká fakulta Masarykovy univerzity Brno, Ústav geologických věd.

Fusek, G. – Spišiak, J. 2005: Vrcholnostředověká grafitová keramika z Nitry-Šindolky. Archeológia a mineralógia. Slovenská archeológia LIII-2, 265–336.

Golec, M. 2003: Těšetice-Kyjovice VI., Horákovská kultura v těšetickém mikroregionu. Brno.

Goš, V. 1977: Slovanská keramika 10.–13. století na severní Moravě. In: Vlastivědný věstník moravský 29, 291–303.

Goš, V. – Karel, J. 1979: Slovanské a středověké zásobnice severní Moravy. Archeologické rozhledy XXXI, 163–175.

Gregerová, M. – Procházka, R. 2007: Exkurz: K současnému stavu petrografického výzkumu brněnské keramiky 12.–13. století ve vztahu k distribuci surovin. In: Procházka, R. – Peška, M. 2007: Základní rysy vývoje brněnské keramiky ve 12.–13./14. století. Přehled výzkumů 48, Brno, 271–283.

Gregerová, M. – Čopjaková, R. – Beránková, V. – Bibr, P. – Goš, V. – Hanuláková, D. – Hložek, M. – Holubová-Závodná, B. – Kristová, L. – Kuljovská, Z. – Macháček, J. – Mazuch, M. – Procházka, R. – Škoda, R. – Všianský, D. 2010: Petroarcheologie keramiky v historické minulosti Moravy a Slezska. Brno.

Hlava, M. 2008: Grafit v době laténské na Moravě. Grafit in der Latènezeit in Mähren. Památky archeologické XCIX, 189–258.

Hložek, M. – Kazdová, E. 2002: Nálezy grafitu v kultuře s lineární keramikou v Těšeticích-Kyjovicích a řešení otázky jejich provenience. Sborník prací filozofické fakulty Brněnské univerzity. Studia Minora Facultatis philosophicae universitatis brunensis M 7, 23–31.

Holub, M. 2015: Poznámka k úloze grafitu ve středověké keramice Moravy a Slezska. Archeologické rozhledy LXVII, 131–140.

Horáková-Jansová, L. 1955: Laténská tuhová keramika v Čechách a na Moravě. Památky archeologické 46, 134–184.

Chavarria, J. 1999: Velká kniha keramiky. Praha.

Jaroš, J. 1980: K otázce používání tuhy při výrobě středověké keramiky (Na příkladě nálezů z opevnění u Nového Hradu u Adamova, okres Blansko). Zkoumání výrobních objektů a technologií archeologickými metodami. Sborník ze semináře, 12. prosince 1979, Technické muzeum v Brně, Brno, 113–119.

Josef, J. 1994: Technologie výroby keramiky. Učební texty pomaturitního konzervátorského studia Národního muzea Praha. Praha.

Kappel, I. 1969: Die Graphittonkeramik von Manching. Die Ausgrabungen in Manching. Band 2. Weisbaden.

Koucká, A. – Novák, M. 2016: Experimentální výroba laténské grafitové keramiky v Panské Lhotě. In: Měřinský, Z. – Klápště, J. (edd.): Workshopy ke středověké a novověké keramice. Panská Lhota 2015. Brno, 56–67.

Kouřil, P. 1998: Zu den Anfängen der slawischen Graphittonkeramik ins Schlesien. In: Poláček, L. (Hrsg.): Frühmittelalterliche Graphittonkeramik in Mitteleuropa – Naturwissenschaftliche Keramikuntersuchungen. Internationale Tagungen in Mikulčice, Band IV. Spisy Archeologického ústavu AV ČR Brno 9. Brno, 37–65.

Kreiter, A. et al. 2013: Ceramic technology and the materiality of Celtic graphitic pottery. In: Alberti, M., E. – Sabatini, S. (edd.) 2013: Exchange Networks and Local Transformations Interaction and local change in Europe and the mediterranean from the Bronze Age to the iron Age, 169–179. Exeter.

Krejčí, M. – Štrejn, Z. 1965: K historické topografii dolování grafitu na Moravě. Sborník Matice Moravské 84, 214–231.

Kužvart, M. 1984: Ložiska nerudných surovin. Praha.

Łaciak, D. – Stoksik, H. 2010: Problematyka ceramiki malowanej i „grafitowanej” z wczesnej epoki żelaza w świetle badań fizykochemicznych. The Issue of painted and „graphitic” ceramics of the early Iron Age in the light of physico-chemical analysis. In: Przegląd Archeologiczny, Vol. 58, 105–146.

Macků, P. 2016: Experimentální výroba a užívání obtáčené keramiky. Dissertationes archaeologicae Brunenses/Pragensesque. Supplementum III. Workshopy ke středověké a novověké keramice. Panská Lhota 2015. Brno: Masarykova univerzita, 2016, 82–89.

Macků, P. 2019: Archeoskanzen pod Dívčím Kamenem. Stručná historie projektu a vize do budoucna. In: Život experimentem. Sborník prací k životnímu jubileu Bohumíra Dragouna. Rychnov nad Kněžnou, Všešary.

- Matějková, K. 2014:* Keramický sortiment turnovských domácností. Možnosti zpracování keramických soborů z městských souvrství. *Archaeologia historica* 39, 89–117.
- Miller, D. 1985:* Artefacts as categories. A study of ceramic variability in Central India. Cambridge.
- Nekuda, V. – Reichertová, K. 1968:* Středověká keramika v Čechách a na Moravě. Brno.
- Pechtl, J. – Eibl, F. 2011:* Die Neolithische Graphitnutzung in Südbayern. Vorträge des 29. Niederbayerischen Archäologentages. Deggendorf, 349–432.
- Procházka, V. – Petáková, Z. – Thomová, Z. – Laufek, F. 2011:* Suroviny pro výrobu jihočeské keramiky bohaté grafitem v několika prehistorických a historických obdobích — Raw-materials used for graphite-rich ceramics of southern Bohemia in several prehistoric and historical periods. *Archeologické výzkumy v jižních Čechách* 24, 299–315.
- Rada, P. 1956:* Kniha o technikách keramiky. Praha.
- Rzeźnik, P. – Stoksik, H. 2004:* Silesian Graphittonkeramik of the 12th-13th centuries in the light of specialist analyses of vessels from Racibórz. In: *Archeologické rozhledy* 56, 321–342.
- Shepard, A. O. 1985:* Ceramics for the Archeologist. Washington.
- Scharer, G. 2001:* Mittelalterliche Töpferöfen im österreichischen Donauraum und der Strukturwandel in der Keramikherstellung. *Medium Aevum Quotidianum* 43, 33–97.
- Scharer-Liška, G. 2007:* Die hochmittelalterliche Grafitkeramik in Mitteleuropa und ihr Beitrag zur Wirtschaftsgeschichte. Mainz.
- Těsnohlídková, K. 2021:* Technologie vrcholně a pozdně středověké keramiky. Hrnčířská produkce Českomoravské vrchoviny 13. a 1. poloviny 14. století. Rukopis disertační práce, Ústav archeologie a muzeologie FF MU v Brně.
- Thér, R. 2004:* Experimental Pottery Firing in Closed Firing Devices from the Neolithic – Hallstatt Period in Central Europe. A pilot study based on experiment executed at the Centre of Experimental Archeology in Všestary. In: *EuroREA* 1, 35–82.
- Thér, R. 2009:* Technologie výpalu keramiky a její vztah k organizaci a specializaci ve výrobě keramiky v kontextu kultur popelnicových polí. Rukopis disertační práce, Ústav antropologie PF MU v Brně.
- Thér, R. 2012:* Lze zbarvení na lomu keramických nádob použít jako indikátor specifického typu výpalu? *Živá archeologie – REA* 14/2012 (II).
- Tichý, R. 1962:* Osídlení s volutovou keramikou na Moravě. In: *Památky archeologické* LIII, č. 2, 245–305.
- Tichý, L. 2006:* Z historie exploatace grafitu v jižních Čechách. *Studie dějin hornictví* 35, 26–31.
- Tintěra, L. – Červinková, H. – Červinka, J. 1986:* Experimentální ověření výrobních možností mířovitých hrnčířských pecí. *Archaeologica Pragensia* 7, 273–292.
- Varadzin, L. 2010:* Hrnčířská výroba ve východní části střední Evropy 6.–13. století v archeologických pramenech. Pottery production in the eastern part of Central Europe in the 6th to 13th century in archaeological sources. *Archeologické rozhledy* LXII-2010, 17–71.

PAVEL MACKŮ, Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích, Filozofická fakulta, Archeologický ústav, Branišovská 1645/31a, 370 05 České Budějovice, mackup01@ff.jcu.cz

Seznam autorů

Mgr. Přemysl Bobek, Ph.D.

Botanický ústav AV ČR
Zámek 1, 252 43 Průhonice
premysl.bobek@ibot.cas.cz

Mgr. Roman Brejcha

Univerzita Karlova v Praze
Přírodovědecká fakulta - Katedra fyzické geografie a geoekologie
Albertov 6, 128 43 Praha 2
r.brejcha@centrum.cz

Mgr. Zdeněk Čermák

Palackého univerzita
Filozofická fakulta, Katedra historie, sekce archeologie
Na Hradě 5, 779 00 Olomouc
zdenek.cermak@centrum.cz

Mgr. Miroslav Dejmal, Ph.D.

Archaia Brno z.ú.
Bezručova 78/15, 602 00 Brno
mdejmal@archaiabrno.cz

Ing. Jakub Houška, Ph.D.

Výzkumný ústav Silva Taroucy pro krajinu
a okrasné zahradnictví, v.v.i.
Odbor ekologie krajiny
Lidická 25/27, Brno, 602 00
jakub.houska@vukoz.cz

Jaroslav Jelínek

Technické muzeum v Brně
Metodické centrum konzervace

Ing. Hana Johanis

Česká zemědělská univerzita v Praze
Fakulta agrobiologie, potravinových a přírodních zdrojů
Katedra pedologie a ochrany půd
Kamýcká 129, 165 00 Praha – Suchbátka
hurychova@af.czu.cz

PhDr. Jan John, Ph.D.

Univerzita Karlova v Praze
Přírodovědecká fakulta - Katedra fyzické geografie a geoekologie
Albertov 6, 128 43 Praha 2
jjohn@jcu.cz

Mgr. Marek Kiecoň

Národní památkový ústav, Územní odborné pracoviště v Ostravě
Bezručovo nám. 1147/1, 746 01, Opava 1
kiecon.marek@npu.cz

Mgr. Pavel Macků

Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích
Filozofická fakulta, Archeologický ústav
Branišovská 1645/31a, 370 05 České Budějovice
mackup01@ff.jcu.cz

Mgr. Ondřej Merta

Technické muzeum v Brně
Purkyňova 105, 612 00 Brno
merta@technicalmuseum.cz

Mgr. Radek Míšanec

Národní památkový ústav
Územní odborné pracoviště v Ostravě
Odboje 1941/1, 702 00 Ostrava – Moravská Ostrava
misanec.radek@npu.cz

Mgr. Peter Nagy

Slovenské národné múzeum – Archeologické múzeum
Žižkova 12, P.O.BOX 13, 810 06 Bratislava
p.nagy.engerau@gmail.com

Mgr. Michala Příbylová

Archaia Brno z.ú.
Bezručova 78/15, 602 00 Brno
pribylova@archaiabrno.cz

Mgr. Romana Rosová, Ph.D.

Národní památkový ústav
Územní odborné pracoviště v Ostravě
Odboje 1941/1, 702 00 Ostrava – Moravská Ostrava
rosova.romana@npu.cz

Ivan Rous

Severočeské muzeum v Liberci
Masarykova 437/11, 460 01 Liberec 1
ivan.rous@muzeumlb.cz

Mgr. Lenka Sedláčková, Ph.D.

Archaia Brno z.ú.
Bezručova 78/15, 602 00 Brno
lsedlackova@archaiabrno.cz

Ing. Alena Selucká

Technické muzeum v Brně
Metodické centrum konzervace
Purkyňova 105, 612 00 Brno
selucka@technicalmuseum.cz

Mgr. Silvie Suchánková

Botanický ústav AV ČR
Oddělení vegetační ekologie
Lidická 25/27, 602 00 Brno
silvie.suchankova@ibot.cas.cz

Mgr. Péter Szabó, Ph.D.

Botanický ústav AV ČR
Oddělení vegetační ekologie
Lidická 25/27, 602 00 Brno
peter.szabo@ibot.cas.cz

Mgr. Jakub Šimík

Archaia Brno z.ú.
Bezručova 78/15, 602 00 Brno
simik@archaiabrno.cz

Mgr. Hynek Zbranek

Archaia Brno z.ú.
Bezručova 78/15, 602 00 Brno
hzbranek@archaiabrno.cz

Mgr. Michal Zezula, Ph.D.

Národní památkový ústav
Územní odborné pracoviště v Ostravě
Odboje 1941/1, 702 00 Ostrava – Moravská Ostrava
zezula.michal@npu.cz

Mgr. Jiří Zubalík

Ústav archeologické památkové péče Brno
Kaloudova 1321/30, 614 00 Brno
zubalik@uapp.cz