

Čapek, Ladislav

Energetické a materiální toky při výrobě a užití středověké až novověké keramiky

Archaeologia historica. 2024, vol. 49, iss. 1, pp. 7-51

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

Stable URL (DOI): <https://doi.org/10.5817/AH2024-1-1>

Stable URL (handle): <https://hdl.handle.net/11222.digilib/digilib.80156>

License: [CC BY-NC-ND 4.0 International](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/)

Access Date: 29. 07. 2024

Version: 20240723

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

ENERGETICKÉ A MATERIÁLNÍ TOKY PŘI VÝROBĚ A UŽITÍ STŘEDOVĚKÉ AŽ NOVOVĚKÉ KERAMIKY

LADISLAV ČAPEK

Abstrakt: Hrnčíři při výrobě keramiky interagovali s řadou materiálů, které dokázali přetvořit v pevnou hmotu a výrobek s funkčními, formálními a stylistickými vlastnostmi. V různých fázích výrobního procesu (získávání surovin, příprava keramických hmot, tváření, sušení, výpal) zapojovali nebo využívali různé toky energií – zejména mechanickou (lidské tělo), kinetickou, vodní, sluneční a tepelnou. Užité vlastnosti nádob často úzce souvisely s kvalitou materiálů (keramických hmot) a schopností vyrovnávat se s tepelnou energií nebo odolávat mechanickému namáhání. Příspěvek prozkoumává proměny energetických a materiálových toků v hrnčířské výrobě v delším časovém horizontu od 13. až do konce 19. století pomocí přístupu chaîne opératoire. Sledována je i celková bilance energetické náročnosti hrnčířské výroby a jsou diskutovány otázky týkající se efektivity, intenzity a investic ve výrobě.

Klíčová slova: hrnčířská výroba – energie – technologie – středověk – novověk – chaîne opératoire.

Energy and material flows in the production and use of medieval and modern age pottery

Abstract: Potters interacted with a range of materials in the production of ceramics, which they were able to transform into solid mater and products with functional, formal and stylistic properties. In the different stages of the production process (obtaining raw materials, preparing ceramic matter, shaping, drying, firing), they involved or used different flows of energy, especially mechanical (human body), kinetic, water, solar and thermal. The utility properties of thr vessels were often closely related to the quality of the material (ceramic matter) and its ability to withstand thermal energy and to resist mechanical strain. This article explores the transformations of energy and material flows in pottery production within a longer time frame, from the 13th to the late 19th century, using the chaîne opératoire approach. The overall energy balance of pottery production is observed, and the issues discussed further are related to effectiveness, intensity and investment in production.

Key words: pottery production – energy – technology – Middle Ages – modern age – chaîne opératoire.

Úvod

Hrnčířství patří mezi tradiční řemesla. Lidské tělo (síla paží a rukou) je hlavním zdrojem energie, získává a připravuje materiály (hlínu, ostřivo), tvaruje nádoby, působí jako síla uvádějící do pohybu nástroje a zařízení prostřednictvím naučených technik a gest, dále nakládá (stohuje) a vyndává vsádku pece a skládá vypálené výrobky. Konečně pomocí lidského těla jsou transportovány výrobky ke koncovým uživatelům (srov. Lemonnier 1992, 5; Sillar–Tite 2000, 4). Při hrnčířské výrobě nesmíme zapomínat na další zdroje energie, a to energii sluneční a tepelnou při sušení a výpalu nádob (Santacreu 2014, 90, 152–153), ale i na zvířecí a vodní energii, s jejichž pomocí mohou být připravovány a připravovány suroviny (jílové hlíny, ostřivo, glazury) a transportovány výrobky (Arnold 2005, 16–17). Kapacitu energií umožňovaly udržovat nejrůznější nástroje a zařízení představující transformátory a zásobníky mechanické energie (Schiffer 1996, 26). Keramické nádoby samy o sobě byly předměty, jejichž prostřednictvím se dodávaly živiny, a tudíž i energie lidskému tělu (Arnold 1985, 16). Během používání byly vystaveny působení vnějších energií, zejména tepelné a mechanické, které ovlivňovaly jejich užitnou funkci a životnost (Santacreu 2014, 156–157).

Hrnčířská výroba prošla ve sledovaném období (středověk až novověk) řadou technologických změn a inovací. Až do 18. století bylo hrnčířství založeno výhradně na rukodělné výrobě, teprve od konce 18. a v 19. století můžeme hovořit o manufakturní výrobě s výraznějším zapojením mechanizace. Na delší časové ose a v širší perspektivě můžeme pozorovat změny ve způsobech využití různých druhů energie. Tyto změny obvykle jdou ruku v ruce s inovacemi používaných

materiálů, objektů, nástrojů a zařízení. Jejich cílem byla v ideálním případě, kromě dosažení větší intenzity výroby, také snaha o co nejefektivnější využití energií ve výrobě za minimalizace vstupních investičních nákladů. Tyto proměnné (investice, efektivita, intenzita) úzce souvisejí s úrovní specializace a sociálně-ekonomickou organizací hrnčířské výroby (srov. Costin 1991; 2005).

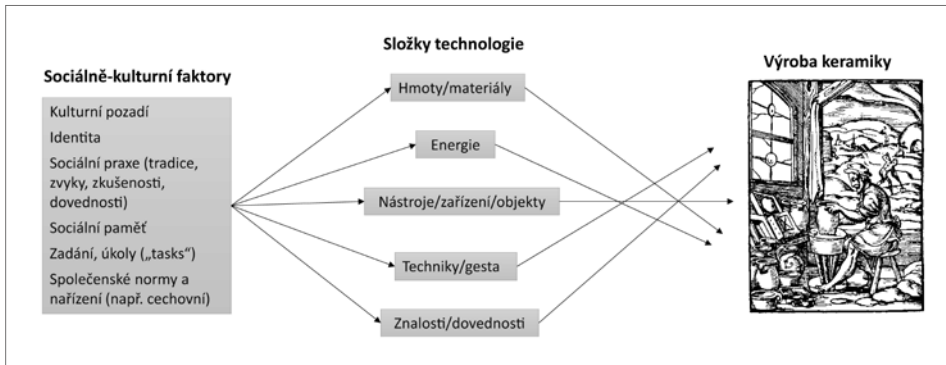
Teoretické pozadí studia technologie a energií na příkladu hrnčířské výroby

Tématu studia energií v hrnčířské výrobě se dosud nikdo v domácí archeologii systematicky nevěnoval. Obecně patří problematika studia energií ve středověku a novověku k podceňovanému a okrajovému tématu, kterým se souhrnně zabývají především dějiny vědy a techniky (Nový 1974). Otázkou energetiky a ekonomické bilance ve středověku a speciálně v řemeslné výrobě se u nás zabývali pouze Z. Smetánka (1989), Z. Měřínský (1983) a B. Krzemienska (1974; 1981; 1984), kteří se stručně dotkli i problematiky hrnčířství. Zdeněk Smetánka vyzdvihl úlohu lidského těla v řemeslné výrobě, představujícího hlavní transformátor mechanické energie (Smetánka 1989, 43–44). Zdeněk Měřínský upozornil na zvyšování účinnosti biologické a mechanické energie v průběhu středověku, které souviselo s intenzifikací výroby (Měřínský 1983, 49). Barbara Krzemienska věnovala pozornost především využití tepelné energie a otázky dostupnosti palivového dřeva (Krzemienska 1981, 91).

Problematikou energií v novověku se ojediněle zabývali někteří etnografové, zejména V. Scheufler, ve vztahu mezi novověkou rukodělnou a moderní manufakturní výrobou. Rozšiřování mechanizace v lidové hrnčířské výrobě bylo chápáno jako záležitost obecného technického pokroku (Scheufler 1988, 273). Bohužel etnografické bádání věnující se tradiční (lidové) keramické výrobě nezaměřilo u nás svoji systematictější pozornost na podrobnou dokumentaci jednotlivých hrnčířských dílen, včetně jejich provozně-technického vybavení (kromě např. Pražák 1961; Scheufler 1993; Pajer 2021, 180–181). Shromážděné popisy dílen byly často sumarizované a neuváděly technologické detaily. K dispozici máme alespoň některá písemně zaznamenaná svědectví hrnčířů dokládající jejich tradiční výrobní postupy (např. Juračková 1984; Hladík 1988). Nedostatečné je také archeologické poznání novověkých hrnčířských dílen (např. Krajčík 2007, 75; Pajer 2021, 96–97; Derner–Volf 2009; Vyšohlíd 2015) a manufaktur na výrobu kamenin a porcelánu z 19. století (Brzobohatý–Špaček 1983).

V zahraničí je situace poněkud odlišná. Problematice energií v keramické výrobě se věnovali badatelé za použití přístupů, které spadají do oblasti keramické etnoarcheologie, keramické ekologie, sociální a kulturní antropologie (Arnold 2005; Costin 1991; 2005), behaviorální archeologie (Schiffer 1996; LaMotta–Schiffer 2001; Schiffer 2010), nebo badatelé zabývající se sociálně konstruktivistickými přístupy v rámci studia technologií (Lemonnier 1992; Gosse-lain–Livingstone Smith 2005; Roux 2009; 2019). Z výsledků těchto přístupů můžeme čerpat jak teoretické a empirické modely, tak analogie, které lze využít ke studiu hrnčířské výroby i v našem prostředí. Také poznatky získané z experimentálního výzkumu a materiálových studií poskytují univerzálnější a komplexnější informace o vlastnostech používaných surovin, nástrojů a zařízení, včetně energetické náročnosti jejich výroby a účinnosti (efektivitě) jejich praktického použití (srov. Sillar–Tite 2000; Tite 2008).

Sociálně-konstruktivistické přístupy upozorňují na to, že technologii je třeba vnímat jako součást širšího kulturního systému, v němž je technologie tvořena souhrou pěti oddělených prvků: *hmoty/materiály, energie, objekty, gesta a znalosti/dovednosti*, přičemž zdroje energií pohybují předměty a přeměňují materiály a hmotu (Lemonnier 1992, 5–8). Sociální faktory a praktiky mají vliv na volbu – výběr konkrétních složek nebo prvků technologie (*technological choice*). Jejich výběr je kromě sociálně-kulturního pozadí navíc ovlivňován jejich funkčními a výkonnostními charakteristikami (*performance*) či dalšími vlastnostmi (obr. 1; srov. Sillar–Tite 2000, 4; Tite 2008, 223). Schopnost transformovat hmotu, využívat energii a zpracovávat informace je zároveň dokladem určitého vzorovaného lidského chování. Technologie je podle procesuální a behaviorální archeologie tokem hmoty (materiálů), energií a informací vždy charakteristická



Obr. 1. Schéma technologie výroby keramiky inspirované sociálně-konstruktivistickými přístupy. Podle Lemonnier 1992, upravil L. Čapek.

Abb. 1. Von sozialkonstruktivistischen Ansätzen inspiriertes Schema der Produktionstechnologie von Keramik. Nach Lemonnier 1992, bearbeitet von L. Čapek.

svými vstupy a výstupy. Energie představují tzv. interaktory mezi materiály a informacemi. Mezi zdroje lidských a nelidských energií jsou zahrnováni lidé, zvířata, oheň, tekoucí voda, vítr, sluneční paprsky a různé mechanické stroje a zařízení (Schiffer 1996, 26, 60, 132; 1999, 8, 21; LaMotta–Schiffer 2001, 27–28; Schiffer 2010, 14).

Otázce energií se věnují také přístupy v rámci *teorie provázanosti (entanglement)*, která studuje způsoby, jakými jsou lidé závislí na věcech, jež jsou výsledkem svazků hmoty, energií a informací. Výroba předmětů (zde věci) je v entanglementu chápána jako vztahový systém, který je udržován prostřednictvím lidské práce (*practise*) a jednání (*agency*), v závislosti na kontextu sociálního prostředí (Hodder 2012; 2016).

V současné době se rozvíjejí přístupy v rámci tzv. *nových materialismů (new materialism)*, které vnímají technologii jako výsledek vzájemného angažovaného zapojení lidí a materiálů (*material engagement*), do kterého vstupují kognitivní aspekty internalizované v lidské mysli. Materiály jsou považovány za inertní, nestabilní, tekuté a v neustálém pohybu – k jejich „oživení“ dochází prostřednictvím jednání lidí (*agency*), kteří je s pomocí energií přeměňují v pevný výrobek s funkčními vlastnostmi. Materiály se proto vyznačují schopností vitality (srov. Knappe–Malafouris 2008; Bennett 2010; Malafouris 2013).

Pokud chceme detailně pochopit technologii výroby a její materiální, energetické, ekonomické a další aspekty, je důležité se pokusit o přesnou rekonstrukci a vysvětlení výrobního systému v jeho jednotlivých krocích. Inspirativním příkladem je francouzský přístup *chaîne opératoire*, který rekonstruuje celý operační/výrobní řetězec jako evoluční sekvenci jednotlivých kroků, činností, výrobních postupů, technik a gest, přičemž je sledován jejich materializovaný záznam na základě používaných nástrojů a zařízení, nebo rozboru technologických stop na keramice (na příkladu keramiky Livingstone Smith 2007; Roux 2019).

Hrnčířskou výrobu můžeme rozdělit do celkem osmi hlavních fází, počínaje získáváním surovin a konče výpalem nádob (tab. 1). Každou z fází lze dále rozčlenit na dílčí procesy a operace, v jejichž rámci byly zapojeny a využívány různé zdroje energie, druhy nástrojů, objektů a zařízení. Tyto procesy a operace podléhaly vždy určitým vývojovým změnám (srov. např. Varadzin 2010, obr. 10; Čapek a kol. 2022, tab. 1).

Výhodou přístupu z hlediska operačního řetězce je, že může být aplikován na jakoukoliv výrobu keramiky bez chronologického nebo prostorového (regionálního) omezení. Jeho dalším přínosem je možnost porovnávat komplexnost výrobních postupů u různých druhů keramiky a studovat jejich výrobní tradice. Příklady operačních řetězců a jejich jednotlivých fází a subfází u středověké pórovité keramiky, novověké glazované keramiky a porcelánu ukazují obr. 2 až 4.

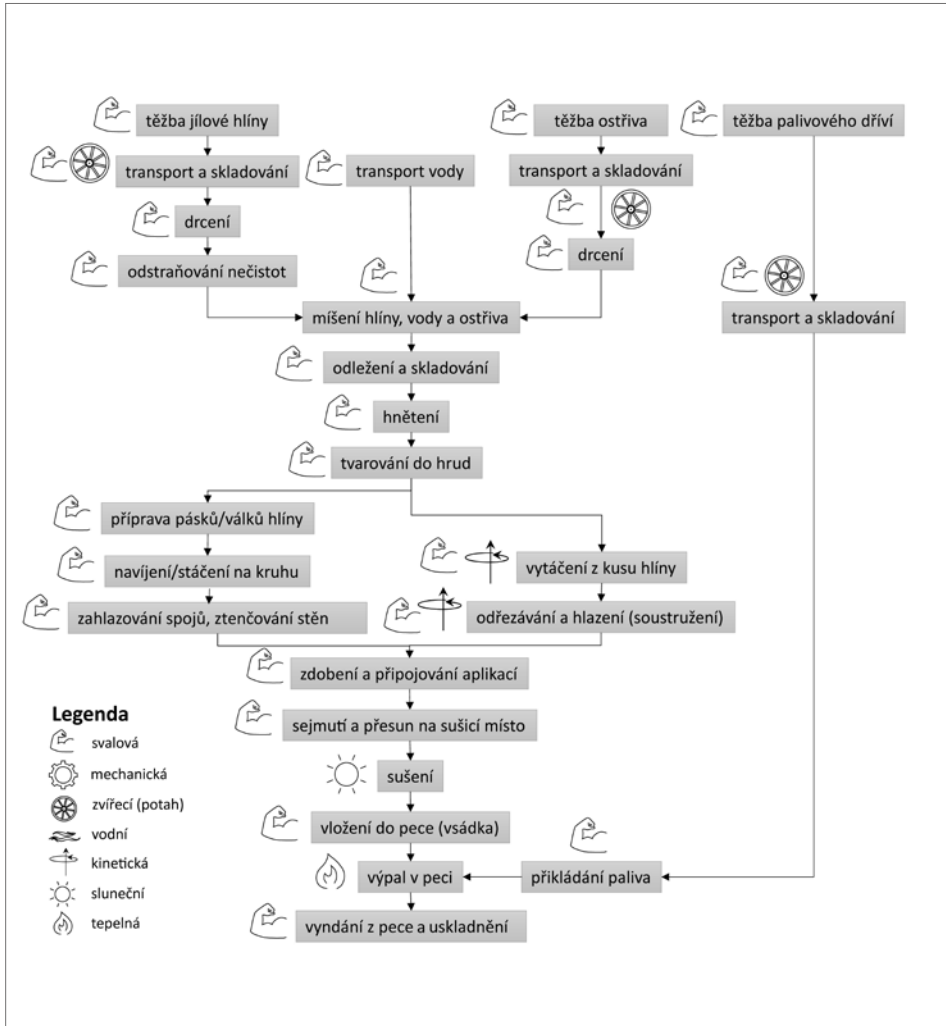
Tab. 1. Výrobní/operační řetězec středověké a novověké keramiky se zdroji energií. Vytvořil L. Čapek.**Tab. 1. Produktionskette/Arbeitsschritte mittelalterlicher und neuzeitlicher Keramik mit Energiequellen. Erstellt von L. Čapek.**

| Fáze výroby | Proces výroby | Energie (zdroj) | Nástroje, zařízení, objekty |
|-------------|---|---|--|
| 1 | Získávání suroviny těžba jílů a ostřiva (připovrch.) těžba (hlubinná) | svalová (paže) svalová (paže), mechanická | rýče, motyky, krumpáče, lopaty, hliník šachty, rumpál |
| 2 | Transport suroviny | energie lidských nosičů energie tažných zvířat vodní energie | koše, pytle, dřevěná nosítka, necky vozy plavidla |
| 3 | Příprava suroviny rozpojování (hlína) roztloukání (hlína) šlapání (hlína) drcení (ostřivo, směsi na glazuru) mletí/tření hlíny hnětení/promačkávání, válcování prošívání plavení (jíl, hmoty, engoba) | svalová (paže, prsty) svalová (paže, prsty) svalová (nohy) svalová (paže), mechanická svalová (paže), mechanická svalová (paže), mechanická svalová (paže), mechanická svalová (paže) s využitím vodní síly | drtiče, tlouky pálky jámy stoupy, mlýny, hmoždífe mlýny, řezačky, lisy, granulátory stůl, hnětací/válcovací mlýny síta usazovací jámy, kádě, plavírný |
| 4 | Tváření nádoby hnětení válečková technika vytáčení lití lisování | svalová (paže, prsty) svalová (paže, prsty) svalová (paže, prsty) / kinetická svalová (paže) svalová (paže), mechanická | deska ruční kruh bez RKE nožní kruh s RKE matrice lisovací stroj |
| 5 | Úprava povrchu hlazení, soustružení, leštění, engobování, glazování | svalová (paže, prsty), někdy s pomocí kinetické | drobné nástroje (čepele, dřívka, textilie, valouny, štětce) |
| 6 | Aplikace výzdoby rytí, kolkování, nalepování | svalová (paže, prsty), někdy s pomocí kinetické | drobné nástroje (rydla, hřebeny, razidla, rádelka, štětce) |
| 7 | Sušení | sluneční (slunce) tepelná (palivo) | prkna, lavice vysoušecí pece, sušárny |
| 8 | Výpal | tepelná (palivo) | vypalovací jámy, milíř vertikální pece horizontální pece |

Tab. 2. Životní/behaviorální řetězec středověké a novověké keramiky se zdroji energií. Vytvořil L. Čapek.**Tab. 2. Lebenskette/behavioristische Kette mittelalterlicher und neuzeitlicher Keramik mit Energiequellen. Erstellt von L. Čapek.**

| Fáze užití | Proces užití | Energie (zdroj) | Nástroje, zařízení, objekty |
|------------|--|--|--|
| 1 | Transport ke spotřebiteli | energie lidských nosičů energie tažných zvířat vodní energie | koše, nůše kolové vozíky plavidla (lodě, vory) |
| 2 | Užití nádob vaření skladování přenášení a konzumace tekutin | svalová (paže), tepelná (palivo) svalová (paže), tepelná (prostředí) svalová (paže, prsty) | ohnišť, pec skladovací komora/sklep, police stůl |
| 3 | Vyřazení rozbítí odklizení/vyhození | mechanická svalová (paže, prsty) | odpadový areál |

S hrnčířskou výrobou je tradičně spojena zejména energie lidského těla, konkrétně energie svalová, která byla jako hlavní mechanická síla využívána k získávání, transportu a přípravě surovin, a také ve velké míře při technikách tvarování nádob. Pro transport surovin mohla být alternativně využita energie tažných zvířat nebo vodní energie při dopravě či při přípravě surovin (míšení). Důležitou úlohu v rámci části technik tváření sehrála rovněž rotační kinetická energie. Při sušení a výpalu měla důležitou úlohu energie sluneční, potažmo tepelná, která je závislá na zdrojích (slunce, palivo).

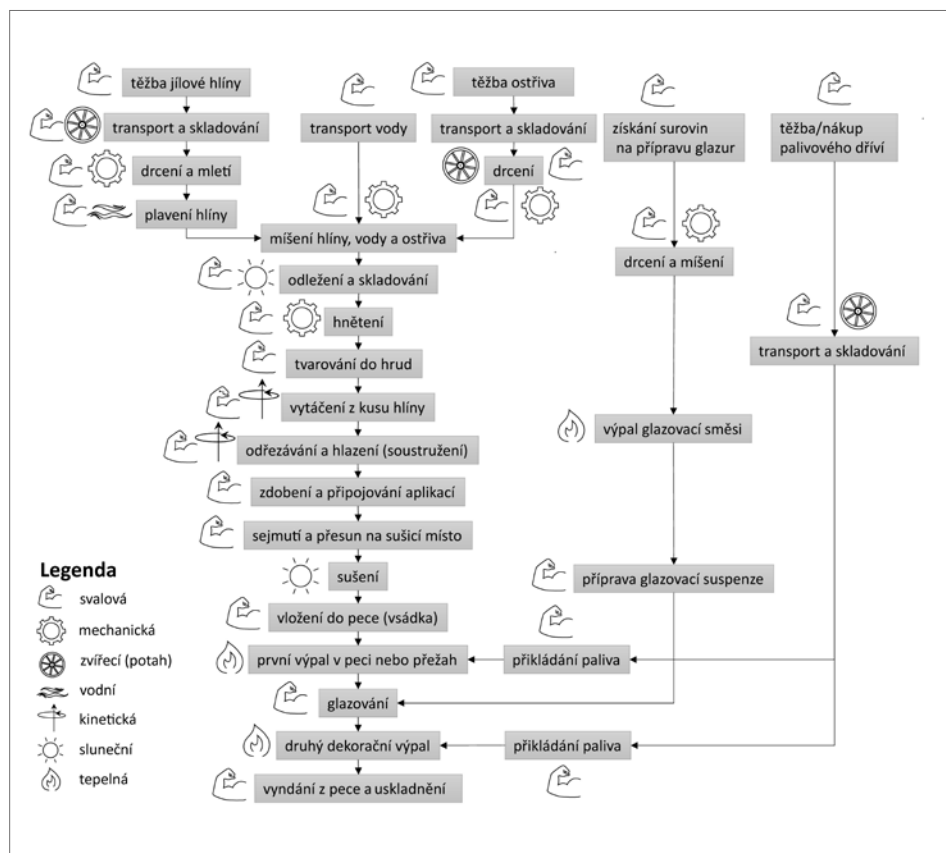


Obr. 2. Výrobní/operační řetězec středověké pórovité keramiky. Vytvořil L. Čapek.

Abb. 2. Produktionskette/Arbeitsschritte mittelalterlicher poröser Keramik. Erstellt von L. Čapek.

Na fázi operačního řetězce navazuje fáze užití – v zahraniční literatuře je někdy označována jako konzumpce (např. Miller 2009, 5). Tuto fázi můžeme rekonstruovat pomocí tzv. životního nebo behaviorálního řetězce, a sledovat tak další různé způsoby využití energií (tab. 2; srov. LaMotta–Schiffer 2001). Vyrobena keramika mohla být transportována od výrobců ke spotřebitelům pomocí energie lidských nosičů, ale i pomocí tažných zvířat a kolových vozíků (srov. Arnold 2005), nebo mohla být převážena na vodě různými plavidly s využitím vodní energie (síly vodního toku). Při každodenním používání byly nádoby vystavovány neustálému působení mechanické a tepelné energie, které měly vliv na jejich životnost a užité vlastnosti.

Těmto příkladům energií, jejich projevům a možnostem studia v jednotlivých fázích operačního a životního (behaviorálního) řetězce se budou věnovat následující části textu. Budou sledovány významné proměny energií v dlouhé časové perspektivě na příkladu výroby středověké a novověké keramiky (13.–19. století).



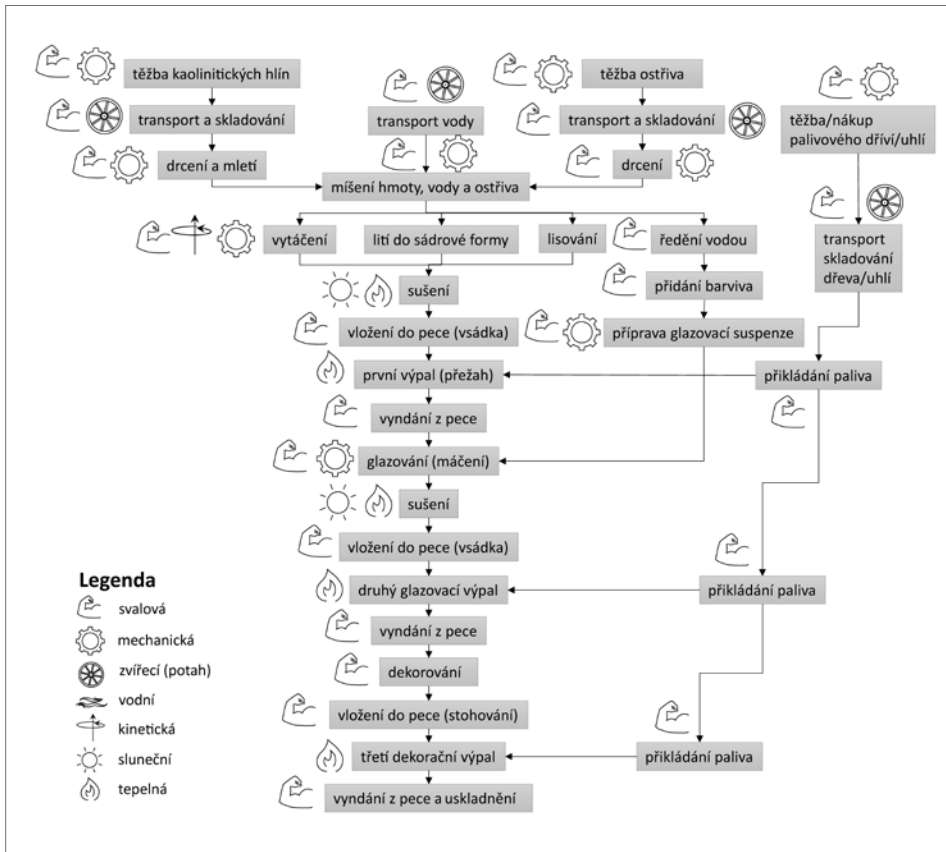
Obr. 3. Výrobní/operační řetězec novověké glazované keramiky. Vytvořil L. Čapek.

Abb. 3. Produktionskette/Arbeitsschritte neuzeitlicher glasierter Keramik. Erstellt von L. Čapek.

Vstupní investice do hrnčířské výroby

Výroba keramiky na určitém místě musela zvážit řadu vnějších parametrů – ekologických, ekonomických, funkčních a sociálních, které ovlivňovaly vstupní investice do materiálů/surovin, nástrojů a výrobních zařízení, vedoucí k realizaci určité technologie (Costin 1991; 2005). Výroba keramiky byla vždy přizpůsobena místnímu prostředí, zdrojům surovin a existujícím potřebám komunit (např. Rice 1984). Hrnčířství vyžadovalo významné vstupní investice (výrobní náklady) spojené se získáváním a přípravou keramických hmot (jílové hlíny a ostřivo), stavbou a údržbou hrnčířských pecí, výrobou a opravou nástrojů a dalších výrobních zařízení. Existence hrnčířské dílny byla závislá na dostupnosti palivového dřeva jako hlavního zdroje tepelné energie a vody potřebné pro míšení jílových hlín a tváření nádob. Důležitá byla i dobrá dostupnost místního nebo regionálního trhu pro odbyt výrobků (srov. např. Moorhouse 1981, 96–97; Krzemińska 1981, 91; Kaltenberger 2009, 261; Jesset 2015, 227). Dostupnost surovin a dalších důležitých zdrojů ovlivňovala celkovou ekonomickou a energetickou bilanci hrnčířské výroby.

Hrnčířská výroba byla závislá na lidské práci. Kromě samotného hrnčíře byli do činnosti zapojeni rodinní příslušníci. Větší a specializované dílny měly své mistry, tovaryše a učně (např. Nekuda–Reichertová 1968, 21–29; Kaltenberger 2009, 101–115). Rozvoj manufakturní výroby na konci 18. a v průběhu 19. století se projevil zapojením většího počtu specializovaných



Obr. 4. Výrobní řetězec výroby porcelánu. Vytvořil L. Čapek.

Abb. 4. Produktionskette der Porzellanherstellung. Erstellt von L. Čapek.

námezdních dělníků zabývajících se často určitým segmentem činnosti. Továrny na kameninu mohly zaměstnávat i několik desítek zaměstnanců různé specializace (Novotná 2000, 16–17; Kaltenberger 2009, 75–76); továrny na porcelán až několik stovek pracovníků (Hejdová–Mergl 2002, 30; Konečný 2003, 150, 161, 169). Zároveň se objevovaly snahy více mechanizovat výrobu s cílem ušetřit lidskou práci kvůli nedostatku pracovních sil. Rozvoj manufakturní hrnčířské výroby pro podnikání vyžadoval významnou kumulaci kapitálu. Její počátky jsou často spojeny s bohatými šlechtickými rodinami a podnikateli, kteří museli investovat často značné finanční částky do rozvoje výroby (např. Tywoniak 1979, 215–220; Novotná 2000, 9–10; Kybalová 2000, 22–23; Koucká 2016, 49–53).

Získávání a transport surovin

Získávání surovin (jílových hlín, ostřiva) patřilo mezi množství prakticky každodenních úkolů, při kterých hrnčíři interagovali s krajinou a distribuovanými surovinovými zdroji (Michelaki et al. 2015). Jejich získávání a následný transport do hrnčířských pracovišť vyžadovaly značný energetický výdej. Problematice tohoto energetického výdeje se věnovala řada etnoarcheologických studií, které zohledňovaly ekonomické a energetické parametry, konkrétně efektivitu vs. investice. Důležitá jsou zejména práce D. Arnolda (1985; 1998; 2005), který studoval vzdálenost

surovin od hrnčířských komunit, přičemž se mu podařilo potvrdit, že jejich zdrojové rozmístění v krajině není zcela náhodné a libovolné a je omezeno i energetickými důvody. Tato energie může být poměřována vzdáleností (v km), kterou musí hrnčíři urazit, nebo časem, který potřebují pro transport surovin v případě, že používají pro přepravu svá vlastní těla. Vycházel z předpokladu, že komunity, pro něž výroba keramiky představuje významnou část obživy (typicky specializovaní výrobci pracující na plný úvazek), mají ve svém okolí k dispozici dostupné suroviny a při jejich získávání a transportu sdílí určitá ekonomická kritéria spojená se zásadami „minimálního úsilí“ ohledně množství investované energie.

Na základě studia velkého vzorku předindustriálních výrobních míst v Latinské Americe (117 hrnčířských pracovišť) se podařilo stanovit model tzv. prahových vzdáleností (*threshold model*) ke zdrojům keramických surovin (obr. 5). Tyto vzdálenosti tvoří jisté energetické limity pro to, aby hrnčířské řemeslo bylo ekonomicky životaschopné. Podle testovaného modelu se preferenční rozsah získávaných surovin (jílových hlín a ostřív) nacházel ve vzdálenosti do 4 km, přičemž nejvíce zdrojů pocházelo ze vzdálenosti menší než 1 km. Tato vzdálenost představuje tzv. první práh energetického výdeje, což je vzdálenost, v níž může výrobce využít místní zdroje surovin při jejich exploataci a transportu, pokud použije pouze energii svého těla (s předpokladem, že člověk unese pěšky maximálně 40–50 kg hlíny a ostřiva). V případě, že využije některý z tzv. prodlužovačů energií, jako jsou zvířecí zátěžová síla, dopravní kolové prostředky nebo i vodní energie, lze předpokládat získávání a transport surovin na větší vzdálenost, což nemusí nutně odporovat efektivnímu chování z ekonomického hlediska. Každodenní a masivní využívání zdrojů surovin nacházejících se ve velké vzdálenosti ale vyžaduje určité sociální prostředí, infrastrukturu a úzkou interakci s vnějšími činiteli, kteří kontrolují a umožňují získávání a pohyb surovin (Arnold 1985, 34–49; 1998, 356; 2000, 343; 2005, 16–17; 2006, 3–4; 2011, 88).

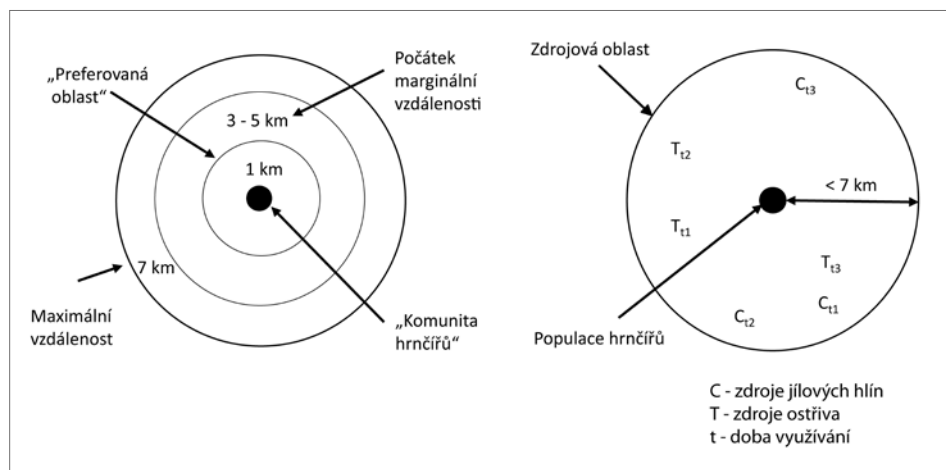
Arnoldův model dostupnosti surovin potvrzují nezávisle i další studie z jiných oblastí, které ukazují, že zdroje vhodných hlín se obvykle nacházejí v blízkosti pracovních míst hrnčířů, pokud tam nebyla jiná sociální, kulturní a politická omezení jako například vlastnictví půdy (např. Druc 2013, 490–492). Týká se to zejména podomáckých výrobců, pro něž je výroba keramiky doplňkovou činností a je podřízena jiným činnostem, zejména zemědělství. Hrnčíři mají tendenci omezovat své investice do času a energie a vyhýbat se konfliktům v plánování mezi svými různými činnostmi (Gosselain–Livingstone Smith 2005, 40). Blízkou dostupnost surovinových zdrojů pro výrobu keramiky potvrzují i některé petroarcheologické výzkumy (Michelaki et al. 2015; u nás např. Gregerová a kol. 2010, 136; Slaviček a kol. 2020, 94; Těsnohlídková 2022, 76).

Na druhé straně je doloženo, že výrobci cestovali za svými surovinami i na větší vzdálenost, překračující okruh jedné míle, pokud nebyly v okolí hrnčířských pracovišť dostupné vhodné suroviny (srov. Jervis 2005, 3–4, tab. 2). S větší vzdáleností se nicméně zvyšovaly ekonomické náklady na transport surovin. Ve střední Evropě se to týká například grafitových surovin, u nichž se uvažuje, že mohly být transportovány na velkou vzdálenost i několik desítek kilometrů, což potvrzují výsledky některých petrografických analýz (Fusek–Spišiak 2005, 265; Scharrer–Liška 2007, 71–73; Gregerová a kol. 2010, 135; Merva 2016, 530–531). U transportu grafitu se někdy předpokládá i využití říční dopravy. Problematické je ovšem to, že nejde spolehlivě rozlišit, zda se jedná o dovoz suroviny, nebo hotových výrobků (Felgenhauer–Schmiedt 2003, 35).

Tento etnoarcheologický model byl testován na vzorku lokalit s doloženou hrnčířskou výrobou v Čechách v období vrcholného středověku až raného novověku (12./13.–17. století). Na vzorku 47 lokalit (míst spojených s výrobou keramiky, obvykle doložených nálezy hrnčířských pecí a střepešť) vynesena na logaritmické stupnici se skutečně podařilo podobně potvrdit, že ve většině případů se hrnčířská pracoviště nacházejí v dobré dostupnosti vhodných hrnčířských surovin¹ – spraše a sprašové hlíny², hlinito-písčité sedimenty obsahující jílové složky (obr. 6).

1 Suroviny byly sledovány na geologických mapách 1 : 50 000 a 1 : 25 000 zobrazených v prostředí GIS (program ArcMap 10). Uniknout tak mohla drobná ložiska jílových hlín, která tyto mapy nezaznamenávají.

2 Spraše a sprašové hlíny jsou středně plastické spýčké zeminy obsahující 20 až 50 % jílové hmoty. Byly proto často používány na výrobu keramiky. Spraše vznikají eolickou činností větru a jako produkt zvětrávání hornin (Gregerová a kol. 2010, 20; Hanykýř 2011, 152–153).



Obr. 5. Model zdrojových oblastí surovin a jejich prahových vzdáleností. Podle Arnold 2005, fig. 1–2, upravil L. Čapek.

Abb. 5. Modell der Rohstoffquellgebiete und ihrer Schwellenentfernungen. Nach Arnold 2005, Fig. 1–2, bearbeitet von L. Čapek.

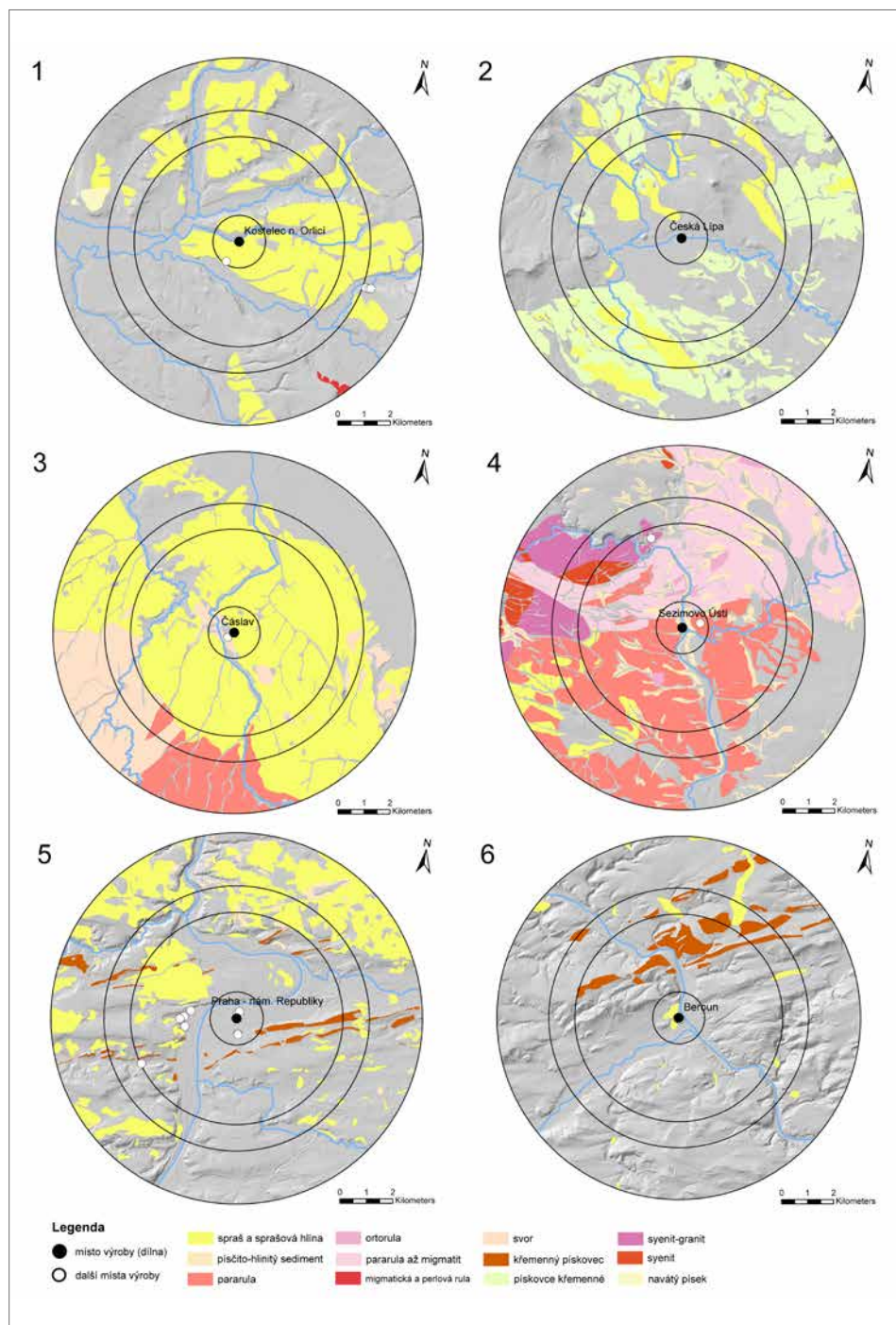
Nejvíce z nich (95,6 %) se nacházelo do vzdálenosti 7 km (obr. 7). V případě vzdálenosti neplastických ostřiv je situace složitější. Pokud pomíneme nejběžněji zastoupené ostřivo (křemičitý písek), které se vyskytuje prakticky ve všech typech hlín, pak zdroje slídy (muskovitu/biotitu) a živců (ortoklas/plagioklas), běžně se vyskytujících jako příměs v keramice, se nacházejí ve větší vzdálenosti od hrnčičských pracovišť, některé až 30 a 35 km. Vzdálenost ostřiv (slíd, živců) do 7 km mělo pouze 42 % hrnčičských pracovišť (obr. 8).

Tento hrubý odhad, který bude nutné v budoucnosti upřesnit cílenými petrografickými výzkumy, ukazuje na převažující dobrou dostupnost plastických jílových surovin v okolí hrnčičských pracovišť a zároveň na větší vzdálenost týkající se dostupnosti ostřiv. Větší zdrojovou vzdálenost ostřiv pro výrobu keramiky potvrzují některé petrografické analýzy u různých skupin středověké keramiky (Gregerová a kol. 2010, 131, 379–380).

Středověká keramika představuje složitou heterogenní směs surovin, které mohou pocházet z více lokálních zdrojů plastických jílových hlín s přirozenou minerální složkou. Mohla však být záměrně obohacena o ostřivo, které se v těchto zdrojích běžně nevyskytuje (např. Gregerová a kol. 2010; Quinn 2013). V novověku se ukazuje zřetelná tendence k vyhledávání a získávání kvalitních jílových, kameninových a kaolinových hlín obsahujících jílový minerál kaolinit pro výrobu kameniny, fajánsi, bělnin a porcelánu (Schiedemantel–Schifer 2005, 289–297; Kaltenberger 2009, 151–155). Výroba keramiky v novověku je častěji více vázaná na jeden nebo i více významných zdrojů keramických surovin (Scheufler 1988, 54).

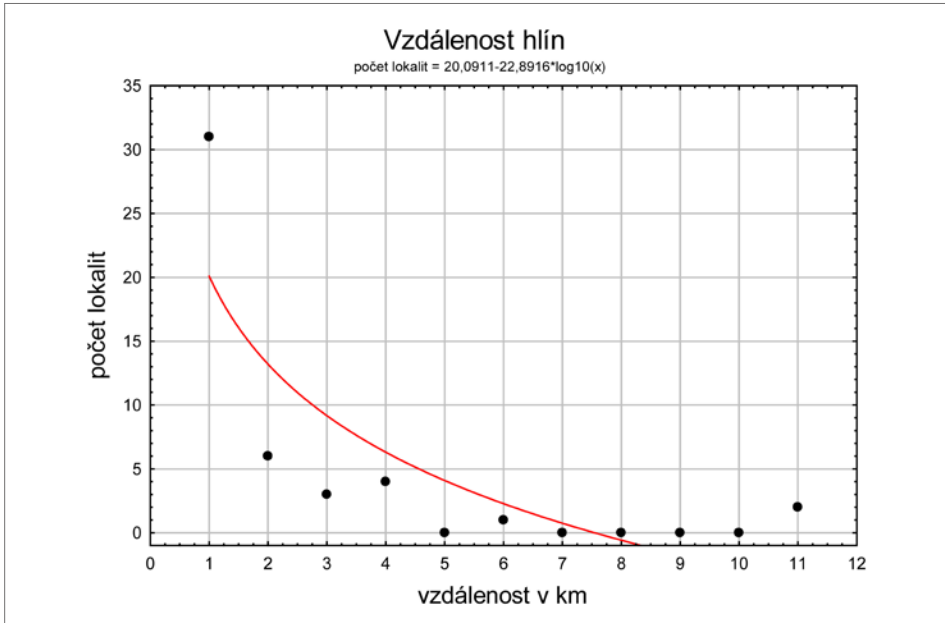
O tom, jakým způsobem se získávala hlína a ostřivo, máme v našem prostředí dosud málo informací, zejména pro starší období. Ve středověku je předpokládána exploatace hlíny z mělkých přípovrchových jam – hliníků, doložených archeologicky u některých hrnčičských pracovišť v Čechách a na Moravě (doklady např. Goš 2007, 54; Varazdin 2010, 18; Čapek a kol. 2022, 36, pozn. 18). Z etnografie a etnoarcheologie je známé, kromě získávání hlín povrchovou jámovou dobývkou, také odkopávání z terasových svahů nebo z říčních a potočních sedimentů. Hlína se kopala ručně pomocí krumpáčů, lopat a rýčů (Scheufler 1972, 56; Buko 1990, 82–86; Gosselain–Livingstone Smith 2005, 35–37).

Těžba hlín z větších hloubek pomocí vydržených vertikálních šachtic, a to i s užitím jednoduché mechanizace (ručně otáčený rumpál s lanovým navijákem), je až záležitostí pozdějšího novověku. Týká se zejména kvalitních keramických surovin, jako jsou kameninové jíly v okolí hrnčičských center v Raeren a Westerwald v Porýní nebo Waldenburg v Sasku, kde se tato ložiska



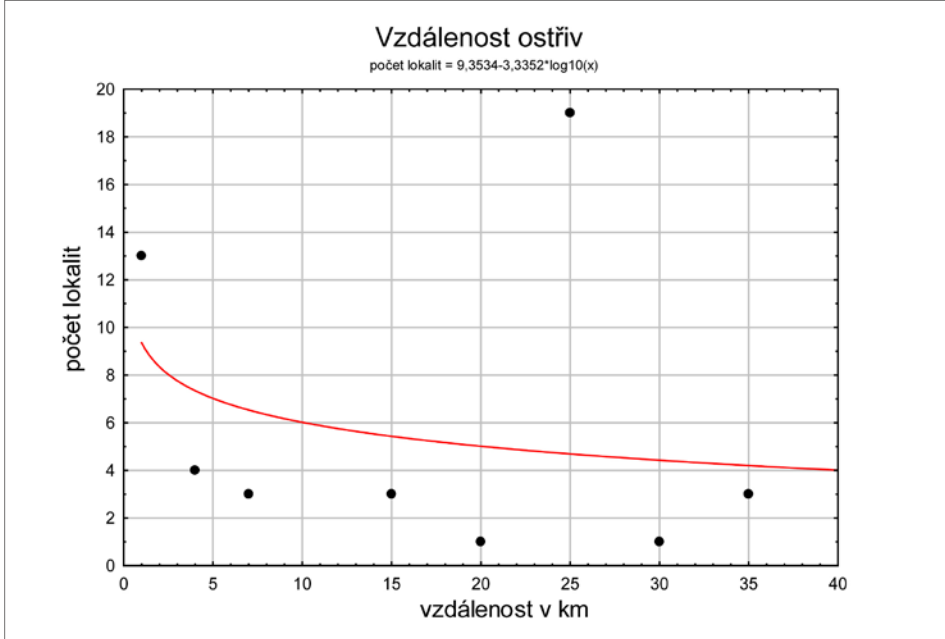
Obr. 6. Vzdálenost jílových hlín a minerálních ostřiv na příkladu vybraných hrnčířských pracovišť. 1 – Kostelec n. Orlicí, 2 – Česká Lípa, 3 – Čáslav, 4 – Sezimovo Ústí, 5 – Praha – nám. Republiky, 6 – Beroun. Vytvořil L. Čapek.

Abb. 6. Entfernung der Tonlehme und mineralischen Magerungsmittel am Beispiel ausgewählter Töpferarbeitsstätten. 1 – Kostelec n. Orlicí, 2 – Česká Lípa, 3 – Čáslav, 4 – Sezimovo Ústí, 5 – Prag – Platz der Republik, 6 – Beroun. Erstellt von L. Čapek.



Obr. 7. Logaritmická stupnice vzdálenosti jílových hlín na vzorku 47 hrnčářských pracovišť v Čechách. Vytvořil L. Čapek.

Abb. 7. Logarithmische Skala der Entfernung von Tonlehmen am Beispiel von 47 Töpferarbeitsstätten in Böhmen. Erstellt von L. Čapek.



Obr. 8. Logaritmická stupnice vzdáleností minerálních ostřiv (slíd a živců) na vzorku 47 hrnčářských pracovišť v Čechách. Vytvořil L. Čapek.

Abb. 8. Logarithmische Skala der Entfernung mineralischer Magerungsmittel (Glimmer und Feldspate) am Beispiel von 47 Töpferarbeitsstätten in Böhmen. Erstellt von L. Čapek.

často nacházela ve větších hloubkách (např. Kaltenberger 2009, 160–163; Schiedemantel–Schifer 2005, 289–297).

Hlubinná těžba hrnčířské hlíny je u nás doložena až v raném novověku. Týká se například hrnčířského centra v Levíně na Litoměřicku (Zápotocký 1979, 35). Pomocí vertikálních šachtic těžili žáruvzdorné jíly určené pro výrobu keramiky také hrnčíři v Kunštátu na Moravě. Hlínu zpravidla dobývali sami hrnčíři. Až v 19. století se objevili námezdní „kopáči“ placení podle množství vykopané hlíny. Hlína nesloužila jen samotným kunštátským hrnčířům, ale byla také předmětem prodeje (Pražák 1961, 30–31).

Běžné křemičité ostřivo bylo obvykle získáváno v souvislosti s těžbou a přípravou jílových hlín. Speciálním druhem ostřiva je grafit, který mohl být ve středověku získáván ze snadno dostupných povrchových výchozů sbíráním, hrabáním nebo kopáním (Gregerová a kol. 2010, 137). Hlubinná těžba grafitové hlíny a surového grafitu pro výrobu užitkové a technické keramiky (zejm. grafitové tyglíky) s využitím mechanizace je doložena od 16. až do 19. století v revírech jejich výskytu u známých hrnčířských dílen v okolí v Pasova, Oberzellu a Kröningu (Kaltenberger 2009, 160–163).

O způsobu dopravy hlíny do hrnčířských pracovišť ve středověku máme omezené informace. Hlína byla přenášena ručně v koších, neckách, nebo s pomocí kolových vozíků a zvířecího záprahu. V období novověku bylo běžné přepravovat natěženou hlínu pomocí kravského nebo koňského povozu, nebo s pomocí ručních sklápěcích vozíků či trakařů. Novověké prameny ukazují, že hlína byla často transportována na kratší vzdálenost z lokálních ložisek, čímž nepřímo potvrzují předpokládaný model dostupnosti (Černohorský 1941, 17; Landsfeld 1950, 122–126; Pražák 1961, 30; Hladík 1988, 172–174; Kaltenberger 2009, 363–364). Až v novověku se můžeme setkat s nákupem a dovozem surovin z kvalitních kaolinových ložisek na větší vzdálenost, což využívala řada větších i menších hrnčířských dílen a továren (Scheufler 1988, 55; 1993, 77).

Některé druhy ostřiva a zejména pak různé přísady barevných kovů na přípravu glazur nebo různých pigmentů nebylo možné běžně získat z lokálních ložisek. Jednalo se například o cínové a kobaltové rudy, které byly dopravovány z velké vzdálenosti, neboť jejich lokální dostupnost byla omezená.³ Další možností bylo obstarat je nákupem. Obchodníci a překupníci měli na tyto suroviny monopol a samotní výrobci často neměli úplné informace o jejich původu (Schleufler 1988, 55; Kaltenberger 2009, 224–227).

Příprava keramických hmot a ostřiva

Velké množství energie museli hrnčíři investovat do přípravy keramických hmot. Středověká keramika (hrnčina) představuje složitou heterogenní směs surovin, které mohou pocházet z více lokálních zdrojů plastických jílových hlín obsahujících i přirozenou minerální složku. Hlíny mohly být záměrně obohaceny o neplastické ostřivo, které se v těchto zdrojích běžně nevyskytuje (např. Gregerová a kol. 2010). Hrnčíři si museli být vědomi rozdílných vlastností různých hlín a minerálů a jejich výkonnostních charakteristik, které ovlivňovaly jejich další zpracování (Sillar–Tite 2002, 15; Arnold 2005, 16).

Surovou jílovou hlínu není obecně možné použít přímo na výrobu keramiky, a je nutné provést celou řadu mechanických operací k její přípravě za účelem zlepšení jejích formovacích a fyzikálně-chemických vlastností. Natěžená hlína se musela nejprve dlouhou dobu skladovat a nechat po jistou dobu „uležet“ (letnění a zimování), nejlépe venku ve větrném, suchém a vlhkém prostředí, kde působením vlivů počasí (teplo, chlad, mráz, vzduch, dešťová voda) docházelo k přirozenému rozkladu organických složek (Kaltenberger 2009, 165). Hlína se pravidelně máčela a zalévala vodou ve vyhloubených jamách nebo obdélných sklípících, které byly často součástí hrnčířských pracovišť (příklady např. Čapek a kol. 2022, 86, pozn. 36; Pražák 1961, 43).

³ V Čechách se nacházely kobaltové rudy v Krušnohoří. Kobalt vznikal i při extrakci bizmutových strusek. Cín mohl být dodáván z cínových dolů v Anglii, z pohorí Harz ve středním Německu nebo mohl pocházet rovněž z krušnohorských ložisek (např. Kaltenberger 2009, 224–225, 231).

K úpravě hlíny, dosažení správné plasticity a homogenity, bylo nutné vynaložit velké množství mechanické energie prostřednictvím lidského těla. Cílem bylo obvykle odstranění nežádoucích příměsí a vzduchových bublin (srov. Santacreu 2014, 163–167). Z etnografie a etnoarcheologie známe řadu příkladů, jakými tradičními způsoby byla hlína upravována, například pomocí rozpojování, roztloukání, drcení, prosévání, šlapání, prokrajování, strouhání a válení (např. Brears 1971, 83–94; Rye 1981, 17–18; Gosselain–Livingstone Smith 2005, 37–39; Kaltenberger 2009, 164–173; Roux 2019, 30–34; u nás např. Pražák 1961, 31–32, 45–47; Hladík 1988, 172–174). Toto ruční zpracování bylo fyzicky náročné, vyžadovalo vyvinutí silného tlaku rukou na hlínu. Zároveň se jednalo se o činnosti, které bylo nutné několikrát opakovat, než byla hlína dokonale plastická a tvárná. Tyto úkony vyžadovaly značné pracovní nasazení a čas; často byla využívána i pomocná pracovní síla.

Energetickou náročnost zpracování hlín usnadňovaly nejrůznější pracovní nástroje, jako byly tlouky nebo pátky, kterými byla hlína vytloukána a nabíjena, nebo bylo pomocí nich roztloukáno ostřívo. Tyto tradiční postupy byly udržovány až dlouho do novověku. Teprve v pozdním novověku, v 19. století, došlo k výraznějšímu zapojení mechanizace, tj. různých zařízení usnadňujících přípravu surovin. Jednalo se o ruční mlýny na mletí a tření hlíny (tzv. *Tonwalze*), které byly vybaveny dvěma kamennými nebo železnými válci, dále řezačky, michadla a filtrační lisy, které usnadňovaly přípravu hlíny místo pracného ručního zpracování (Scheufler 1959, 104; 1972, 88; Pražák 1961, 46; Kaltenberger 2009, 182; Hanykýř 2011, 104). Již z díla C. Piccolpassa z roku 1558 jsou doloženy hnětací mlýny poháněné zvířecí silou nebo pomocí vodního kola a vodní energie (obr. 9; Piccolpasso 1557, fol. 37–38). Užití hnětacích mlýnů poháněných koňskou silou je doloženo u výrobců keramiky v Německu a Dánsku (Kaltenberger 2009, Abb. 74; Kock–Schmidt 2001, 263). V Čechách se nejstarší doložená zpráva zmiňující koňský potah pohánějící mlýn na míchání hrnčířských hlín týká nově založené pražské továrny na porcelán z roku 1796 (Meyer 1927, 155; Novotný 1949, 33). Koňská síla byla využita také k pohonu hnětacího mlýnu i v menších manufakturách na kameninu, například ve všerubské manufaktuře před rokem 1848 (Scheufler 1959, 44) nebo v Mikulůvce na Vsetínsku v roce 1843 (Baletka 1990, 167).

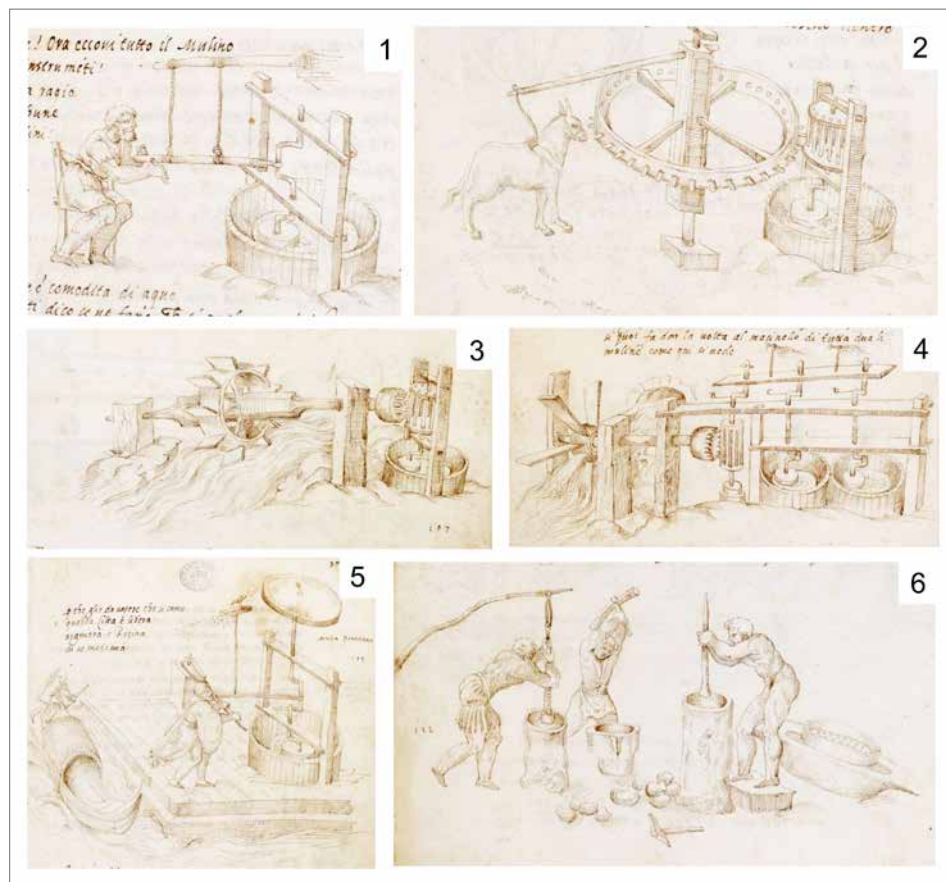
Kromě koňské síly byl využíván také vodní pohon. V Anglii je doloženo užití hnětacích mlýnů poháněných vodním kolem již v 18. století (White–Paynter–Brown 2015, 44). Vodní mlýny (tzv. *Hafnerstampfen*) se používaly k hnětení hlíny ve Štýrsku v 18. a 19. století (Kaltenberger 2009, 167). V dílně na výrobu měkkých kamenin ve Vranově byla po roce 1828 nahrazena koňská síla vodním kolem pohánějícím mlýn (Kybalová 1993, 57). Vodní mlýny na přípravu kaolinové hmoty jsou doloženy v továrně na porcelán v Březové z roku 1844, kde uváděly do pohybu až 18 mlecích kmenů (Meyer 1927, 195; Poche 1954, 40). Další vodní mlýn na hmotu je doložen roku 1839 v porcelánce v Dalovicích (Meyer 1927, 270). Hnětací mlýny znamenaly významnou úsporu energie, zvláště v případě manufakturní výroby keramiky.

Vodní síla byla používána i k rozplavování hlíny za účelem získání jemnější frakce pro přípravu engob a glazur. Hlína mohla být rozplavována a rozmělnována v kádích, hnětacích truhlách, ve sklípcích nebo v jámách za působení vody a pravidelného míchání lopatou (např. Kock–Schmidt 2001, 262; Pražák 1961, 45). Z etnografie jsou známy plavírny, kde hlína přirozeně sedimentovala. Například v manufakturní dílně na výrobu měkkých kamenin ve Vranově bylo ve 30. letech 19. století doloženo až čtyřicet plavicích kádí (Kybalová 1993, 61). K vypouštění usazeného sedimentu se používaly speciální odkalovací nádrže, tzv. karbovny (Černohorský 1941, 18; Rada 1990, 20–21; Hanykýř 2011, 104). Z Anglie jsou známy i složité systémy propojených jam pro rafinaci jílu spojených s vodními kanály (White–Paynter–Brown 2015, 44). Plavírnami pro přípravu kaolinové hmoty s kalolisy byly vybaveny české porcelánky v první a druhé polovině 19. století (Poche 1954, 46, 54, 67; Hejdomá–Mergl 2002, 26; Konečný 2003, 97, 108, 115).

Náročné na přípravu bylo také ostřívo a nejrůznější směsi na přípravu glazury či barevných pigmentů. Ostřívo bylo drceno a rozmělnováno tradičním způsobem pomocí lidské a mechanické síly a míšením vpravováno do keramického těsta (Rye 1981, 18–19, 37–38; Roux 2019, 34–36). Požívala se kamenná nebo železná drtidla, která jsou doložena i etnograficky (Hołubowicz 1950, 15).

Celkově náročnější na přípravu byly glazury, a to i kvůli použitým surovinám a materiálům, které nebyly běžně dostupné. Snáze se připravovaly surové olovené glazury, skládající se pouze z křemene, živce a oxidu olovnatého, než fritové glazury, které potřebovaly k vytvoření frity roztavení za pomoci tavidel. Zdrojem olova, barviv a pigmentů byly oxidy barevných kovů, které byly získávány mimo jiné i při recyklaci kovových odpadů (kovové odstřížky, železná okuje). Až v 19. století bylo možné komerčně zakoupit suroviny na glazuru (Kaltenberger 2009, 221–224; srov. Jarošová 1981, 12–13). Směsi na glazuru (tzv. glejt) byly drceny v kamenných stoupách nebo dřevěných či kovových hmoždířích (obr. 9:6; Piccolpasso 1557, fol. 38; Černohorský 1941, 28; Landsfeld 1950, příloha 5; Pražák 1961, 115; Žegklitz 1985, 153; Kaltenberger 2009, 181, 224). Užití stoupy na drcení glazur a ostřiv je doloženo například již roku 1555 v domě hrnčíře Srbka v Kutné Hoře (Pospíšilová 2019, 11).

Až z raného novověku máme doloženy ruční mlýny pro drcení ostřiv a přípravu směsí na výrobu glazur. Tyto rotační mlýnky se dvěma mlecími kameny (ležák a běhoun) se podobaly mlýnkům na obilí (Žegklitz 1985, 152; 2019, 50–51). Bubnové a kulové mlýny plněné glazurovou drtí se stejným množstvím kulatých křemenných valounů jsou až záležitostí přelomu 19. a 20. století (Scheufler 1959, 104; Kaltenberger 2009, 181, Abb. 151–152). Doloženy jsou také vodní mlýny na glazuru, poháněné vodním kolem; nejstarší se objevují již v 16. století v Tyrolsku



Obr. 9. Mechanické stroje na míšení hlín a drcení ostřiv. Podle Piccolpasso 1557, fol. 37–38, upravil L. Čapek.

Abb. 9. Mechanische Geräte zum Mischen von Lehm und Zerkleinern von Magerungsmitteln. Nach Piccolpasso 1557, fol. 37–38, bearbeitet von L. Čapek.

(Kaltenberger 2009, 182). V továrně na porcelán v Klášterci nad Ohří byl roku 1795 zřízen mlýn na glazuru s vodním pohonem (Konečný 2003, 146). Továrna na kameninu v Týnci nad Sázavou měla na počátku 19. století velký mlýn na glazuru s pěti stoupami poháněný koňskou, později vodní silou (Jiřík 1927, 12; Meyer 1927, 173; Konečný 2003, 108). Mlýn na glazuru a drcení živce a křemene s vodním pohonem je doložen také v menších hrnčířských dílnách, například v Postřekově v roce 1875 (Scheufler 1959, 73). Na Moravě měla vodou poháněný mlýn na glazuru od roku 1864 továrna na kameninu v Olomoučanech u Blanska (Kalinová–Lesová–Komínková 2017, 13).

V 19. století se objevil další nový druh energie, energie páry – parní stroje byly rovněž využívány k pohonu mlýnů na keramickou hmotu nebo glazuru. První parní stroj uvádějící do pohybu šest mlecích kamenů byl zřízen roku 1831 ve vranovské továrně na kameninu (Novotná 2000, 15). Parní stroj k pohonu mlýna byl uveden do provozu také v továrně na porcelán v Březové na Karlovarsku po roce 1859 (Poche 1954, 42).

Techniky tváření a hrnčířské kruhy

Velmi důležité energetické nároky se vztahují k technikám tváření nádob. Tyto techniky jsou obecně založeny na tlaku vyvíjeném hrnčířem na hlinu, který dodává potřebnou energii k tvarování jílové hmoty do požadované formy (Coumo di Caprio 2017, 117). Každou techniku tváření můžeme definovat pomocí tzv. fyzických modalit, které zahrnují pět parametrů: zdroj energie, elementární objem jílové hmoty, druh síly, typ tlaku a stupeň hygrometrie – vlhkosti hlíny. Techniky tváření jsou definovány provázaným systémem spojujícím *hmotu, tělo, energii a rotační zařízení* (Roux 2019, 42). Podle zdroje energie lze techniky rozdělit na ty, které využívají výhradně: 1) svalovou energii, tj. aktivní sílu tlaku prstů, 2) svalovou energii kombinovanou s rotační kinetickou energií, anebo 3) pasivní sílu, kdy lidská síla a energie jsou přenášeny na hliněný materiál pomocí házení hroudy hlíny na desku otáčivého kola (Courtý–Roux 1995, 20–22; Cuomo di Caprio 2017, 123; Roux 2019, 42).

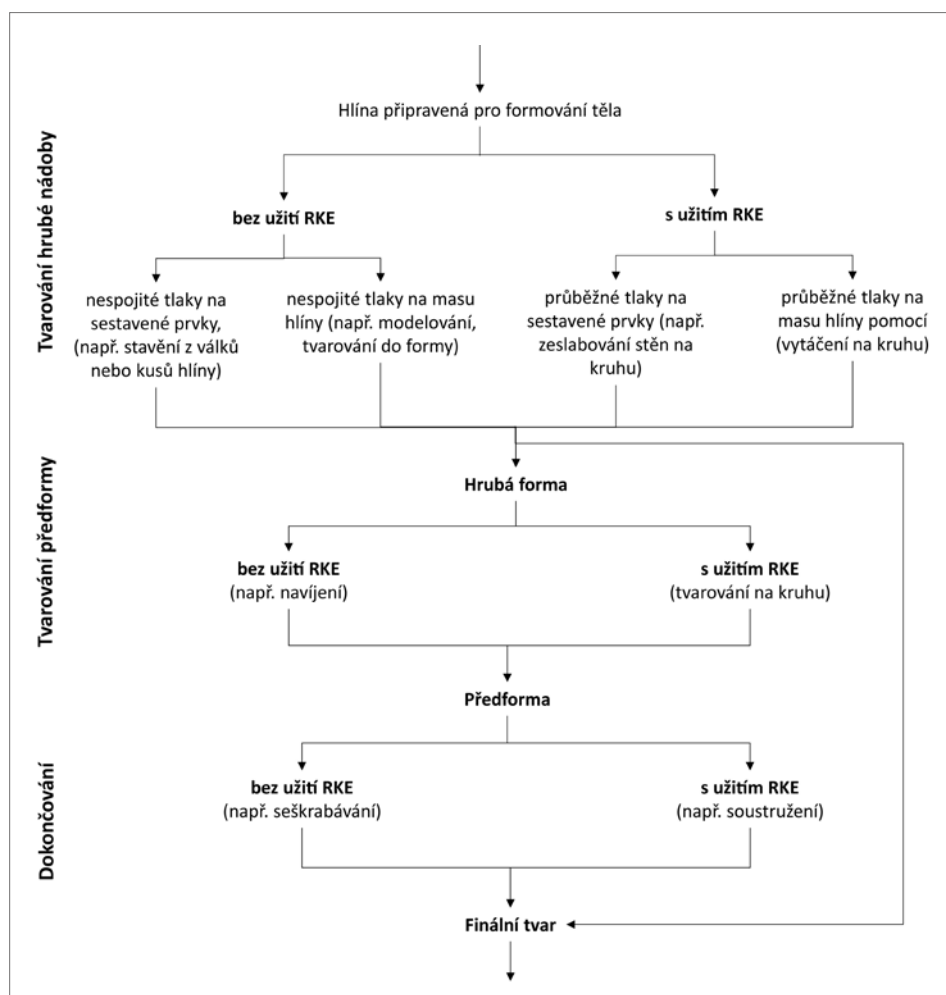
Hrnčířskou hmotu bez dodané energie je možné považovat za inertní. „Oživení“ hmoty je aktivováno činností výrobce při její transformaci – hlína se pohybuje díky rukám hrnčíře a jeho ruce se pohybují spolu s hlinou. Z inertní hmoty se tak stává „živá“ hmota v pohybu. Při tváření přijímá hrnčíř senzorycké vlastnosti hlíny (měkkost, tvárnost, texturu, pórovitost), které se ukládají do neuronových a smyslových částí mozku a následně se přenášejí do svalové paměti těla. Na základě toho pak činí vědomá rozhodnutí o tom, jaký tlak na hlinu má být použit (Malafouris 2008, 20–21) a jaké techniky a gesta povedou k její transformaci (Roux 2019, 44). Neměli bychom proto opomenout, že součástí jakékoliv techniky/gesta je i lidská mysl a způsoby myšlení. Hrnčíři si museli být vědomi toho, jakou energii je potřeba dodat k transformaci hliněného materiálu podle jeho množství, velikosti, hmotnosti a tloušťky, a také toho, jaký tlak (kontinuální či diskontinuální) je nutné vyvinout na stěny nádoby při tvarování různých typů nádob (Coumo di Caprio 2017, 117–123; Roux 2019, 42–43). Někdy však byli hrnčíři nevědomky vedeni fyzikálními vlastnostmi hlíny (Malafouris 2008, 20–21).

V minulosti existovala řada technik tváření nádob. Tyto techniky jsou známy z etnografického a etnoarcheologického výzkumu, stejně jako z analýzy technologických stop na keramice nebo z petrografického výzkumu (např. Quinn 2013, 174–180; Roux 2019; Rzeźnik 1995). Posuzování technik tváření na základě archeologického materiálu není jednoduché, neboť techniky byly často kombinovány. Při analýze technologických stop je třeba se vyvarovat přílišného zobecnování a přímé interpretace technik tváření na základě jednoho rozpoznávaného znaku (Rzeźnik 1995, 65–78; Berg 2020; u nás např. Běhounková 2018; Těsnohlídková 2021).

Již v raném středověku se setkáváme s archaickou technikou hnětení a s válečkovou technikou, někdy označovanou nepřesně jako obtáčení (např. Rzeźnik 1995, 44–45; Rogier 2015, 14; srov. Roux 2019, 54–55), které postupně ustoupily technikám vytáčení, představujícím vývojově nejprogressivnější metodu výroby nádob, uplatňovanou až do současnosti. Tato technika je někdy označována za pomyslnou „vrcholnou fázi evoluce“ hrnčířských technik (Roux 2019, 309).

Přechod k technice vytáčení využívající rotační kinetickou energii (dále RKE) představuje v rámci hrnčířské výroby první významnější posun z hlediska nových energetických zdrojů. Význam této techniky vytáčení je interpretován jako výsledek dynamické interakce mezi úkolem (objev patrně souvisel s výrobou misek), tělem (objev dovedností pro tvarování misky pomocí RKE) a nástrojem (objev vlastností kola pro výrobu s RKE; srov. Roux 2019, 223–334).

Důležité je sledovat, kdy došlo k přechodu od jednotlivých technik spočívajících v aktivní síle tlaku prstů (hnětení, válečková technika) k pasivní technice vytáčení využívající částečnou nebo úplnou rotační kinetickou energii. Jedná se o zcela nové využití energie otáčivého pohybu hrnčířského kruhu. Techniky s užitím RKE je potřeba správně klasifikovat a interpretovat. Francouzská badatelka V. Roux rozlišuje celkem čtyři „hybridní“ techniky s využitím RKE. Rotační kinetická energie může být zapojena jen do fáze úpravy hrubé formy, k doformování některých detailů nebo vytvoření tzv. předformy nádoby, kdy nádoba zformovaná jinou technikou je sekundárně dotáčena s využitím RKE (obr. 10; Roux–Courty 1998, 748–749; Roux 2019,



Obr. 10. Klasifikační strom technik s/bez rotační kinetické energie RKE. Podle Courty–Roux 1995, fig. 2, upravil L. Čapek. Abb. 10. Klassifikationsbaum für Techniken mit/ohne kinetische Rotationsenergie RKE. Nach Courty–Roux 1995, Fig. 2, bearbeitet von L. Čapek.

197–198; Thér–Mangel 2014, 11). Například nádoba vyrobená původně válečkovou technikou mohla být sekundárně dotáčena pomocí rychlých otáček kruhu, díky čemuž se zahladily stopy po jednotlivých válcích; často takový postup zanechává identické stopy jako samotné vytáčení. Stopy původní techniky jsou převrstveny nebo úplně setřeny (srov. Rzezník 1995, 67–68). Tato technika je u nás někdy označována jako profilující obtáčení (Čapek a kol. 2022, 39; Těsnohlídková 2021, 28).

Vytáčení na hrnčířském kruhu z jednoho kusu hlíny je primární technikou, při které je rotační kinetická energie zapojena v celém procesu tvarování nádoby (Rice 1987, 132–134; Roux 2019, 309). Jedná se o velmi progresivní techniku, která zároveň přináší významné snížení energetických nároků. Vyžadovala však, aby hrnčíř neustále vyvolával nebo dodával energii potřebnou k udržení rotačního kinetického pohybu prostřednictvím kola. Množství vynaložené kinetické energie se liší podle velikosti, hmotnosti a tloušťky horního a spodního kotouče a množství házené hlíny. Při vytáčení je na hlinu vyvíjen nepřetržitě stálý tlak, a to jak v horizontálním, tak ve vertikálním směru. Hrnčíř musí neustále překonávat odpor plastického jilu, aby se mu podařilo vytvarovat konečnou podobu nádoby. Rotační pohyb vytváří odstředivou sílu, která má tendenci vytlačovat hlinu směrem ven. Ruce hrnčíře proto musí vyvíjet neustále tlak – třecí sílu, která působí proti této síle, a jejich úkolem je udržet hlinu v centrální pozici. Zároveň tímto tlakem vzniká brzdicí síla, která působí proti setrvačné síle, vedoucí ke zpomalování rotace kola. Hrnčíř během vytáčení může libovolně zvyšovat nebo snižovat rychlost rotace a tlak vyvíjený na stěny nádoby podle potřeby. Tyto operace jsou prováděny synergicky a vyžadují značné motorické dovednosti a koordinaci pohybů. Čím vyšší je rychlost rotace, tím více energie je potřeba dodat prostřednictvím silnějších tlaků (Courty–Roux 1995, 22; Roux–Courty 1998, 748; Štajnochr 1998, 101–103; Rogier 2015, 14; Cuomo di Caprio 2017, 132; Gandon–Roux 2019, 230; Berg 2020, 8331–8333).

V archeologii je často diskutovanou otázkou, kdy ve středověku došlo k přechodu k technice vytáčení v českých zemích. Důležité je zmínit, že se jednalo o znovuoobjevení pozapomenuté techniky, které byla na našem území používána již v době laténské a římské (Thér–Mangel 2014). Znalost techniky vytáčení se v českých zemích objevila ve 13. století a zřejmě úzce souvisí s mobilitou obyvatel a jejich výrobků z německy mluvících zemí, kde se tato technika výrazněji prosazovala již v 11. a 12. století (Schreg 2012, 7–10; Rogier 2015, 12–13). Nicméně v českých zemích se vytáčení nádob prosadilo až ke konci 13. a s jistotou až v průběhu 14. a 15. století (Richter 1982, 102; Klápště a kol. 2002, 20). Někdy lze však obtížně rozlišit, zda se jednalo již o plné vytáčení nádob z jednoho kusu hlíny, nebo o sekundární dotáčení a doupravování nádob vyrobených jinou technikou (srov. Rogier 2015, 72–78).

S technikami tváření je spojená důležitá otázka hrnčířských kruhů, které obvykle známe pouze z ikonografie (pro středověk a časný novověk) a pro pozdější novověk z etnografie. Dosud máme málo příkladů hrnčířských kruhů či indicií o jejich užívání přímo z archeologických situací (souhrnně např. Čapek a kol. 2022, 44–50).

Hrnčířské kruhy můžeme rozdělit do několika typů. Základní klasifikace spočívá v tom, zda se jedná o jednoduchá otočná zařízení, točny (turnety) využívající částečně RKE nebo o hrnčířské kruhy s úplným využitím RKE (Roux 2019, 48; Berg 2020, 8831). Jednotlivá zařízení posuzujeme podle toho, zda je energie dodávána prostřednictvím hrnčířových rukou (ruční), nohou (kopací/ nožní) nebo s pomocí tyče (loukoťové kruhy). Dále se rozlišují kruhy s jedním nebo se dvěma koly (talíři) a zda mají pevnou nebo pohyblivou (otáčivou) osu. Jednotlivé kruhy se liší podle velikosti, hmotnosti, morfologie a způsobu nasazení kol, což samo o sobě ovlivňuje množství energie potřebné k jejich roztočení. Velikost kruhů byla též přizpůsobena potřebám tvarování různě velkých nádob (srov. van der Leeuw 1976, 123–126, fig. 3; Cuomo di Caprio 2017, 131; Roux 2019, 48–53; Berg 2020, 8830–8831). Přehled vývoje doložených základních typů hrnčířských kruhů ukazuje obr. 11.

Vývojově nejprogresivnější jsou kruhy se dvěma koly (talíři) využívající RKE, přičemž činnosti iniciované pohybem hrnčíře pomocí rukou a nohou jsou vykonávány synergicky

(Roux 2019, 309). To vedlo k celkové úspoře energie a času při vytváření nádob.⁴ Jejich přednost spočívá v možnosti vytvářet symetricky přesné, a tudíž vysoce standardizované výrobky během několika minut. Využití potenciálu RKE prostřednictvím rychloobrátkového (nožního) kruhu představuje významnou inovaci se schopností výrazně urychlit výrobu. S použitím těchto kruhů museli hrnčíři získat novou sadu motorických dovedností, aby byli schopni takové rotační zařízení ovládat (Berg 2020, 8840). Zkušenosti hrnčířů museli efektivně sladit pohyby nohou a rukou při použití dvoutalířových rychloobrátkových kruhů, aby dokázali regulovat správnou rychlost a optimální energetickou náročnost (Gandon et al. 2011, 196).

Rotační kinetická energie (RKE) je někdy v literatuře nesprávně přisuzována *odstředivé síle*. Odstředivá síla je podle definice kolmá k ose rotace, což z principu nemůže vyvolat vzestupný pohyb částic. RKE závisí na fyzikálních veličinách, jako jsou moment setrvačnosti a úhlová rychlost kola, které definují moment hybnosti popisující rotační pohyb těles (van der Leeuw 1976, 26–27; Courty–Roux 1995, 22; Berg 2020, 8831, 5). Rychlost otáčení je určována třemi faktory: bodem dotyku, množstvím přenesené energie a lineární rychlostí pohybu končetiny. Limity pro energii vyvinutou na rychlost otáčení ovlivňuje pouze stavba a povaha lidského těla (van der Leeuw 1976, 26).

Moment hybnosti určuje množství kinetické energie, které je třeba vložit do zrychlení kola, a udává zároveň energii, kterou je potřeba vynaložit k jeho roztočení a zastavení. Vztah je daný rovnicí:

$$E = \frac{(Mw)^2}{2}$$

kde M představuje moment setrvačnosti a w je úhlová rychlost otáčení. Množství energie vložené do zrychlení kola o určité hybnosti určuje jeho rychlost otáčení, tedy počet kruhů, které opíše určitý bod na kole za jednotku času (van der Leeuw 1976, 27). Rychlost otáčení se udává v jednotkách otáček za minutu (ot./min.).

Většina publikovaných prací uvádí, že plně vytáčení nádob s rotační kinetickou energií lze dosáhnout v rozmezí 80 až 150 otáček za minutu (Rye 1981, 74–80; Roux 2009, 221–222). Experimentálně bylo však zjištěno, že techniky vytáčení s RKE lze dosáhnout i při podstatně nižší rychlosti, zejména u menších tvarů nádob v rozmezí od 36 do 60 ot./min. (Berg 2020, 8835). Rychlost otáček se liší v závislosti na formě nádoby. Větší a těžší nádoby vyžadovaly nižší rychlost otáček (např. Gandon et al. 2011; srov. Štajnochr 1998, 102–103). Nižší rychlost otáček mohla být využita při ztenčování stěn nebo při finálním doupravování povrchu nádoby (Courty–Roux 1995, 48). Při plném vytáčení z jednoho kusu hlíny s využitím nožních rychloobrátkových kruhů se úhlová rychlost pohybuje až kolem 220–230 ot./min. (Roux 2019, 50; Berg 2020, 8831–8832).

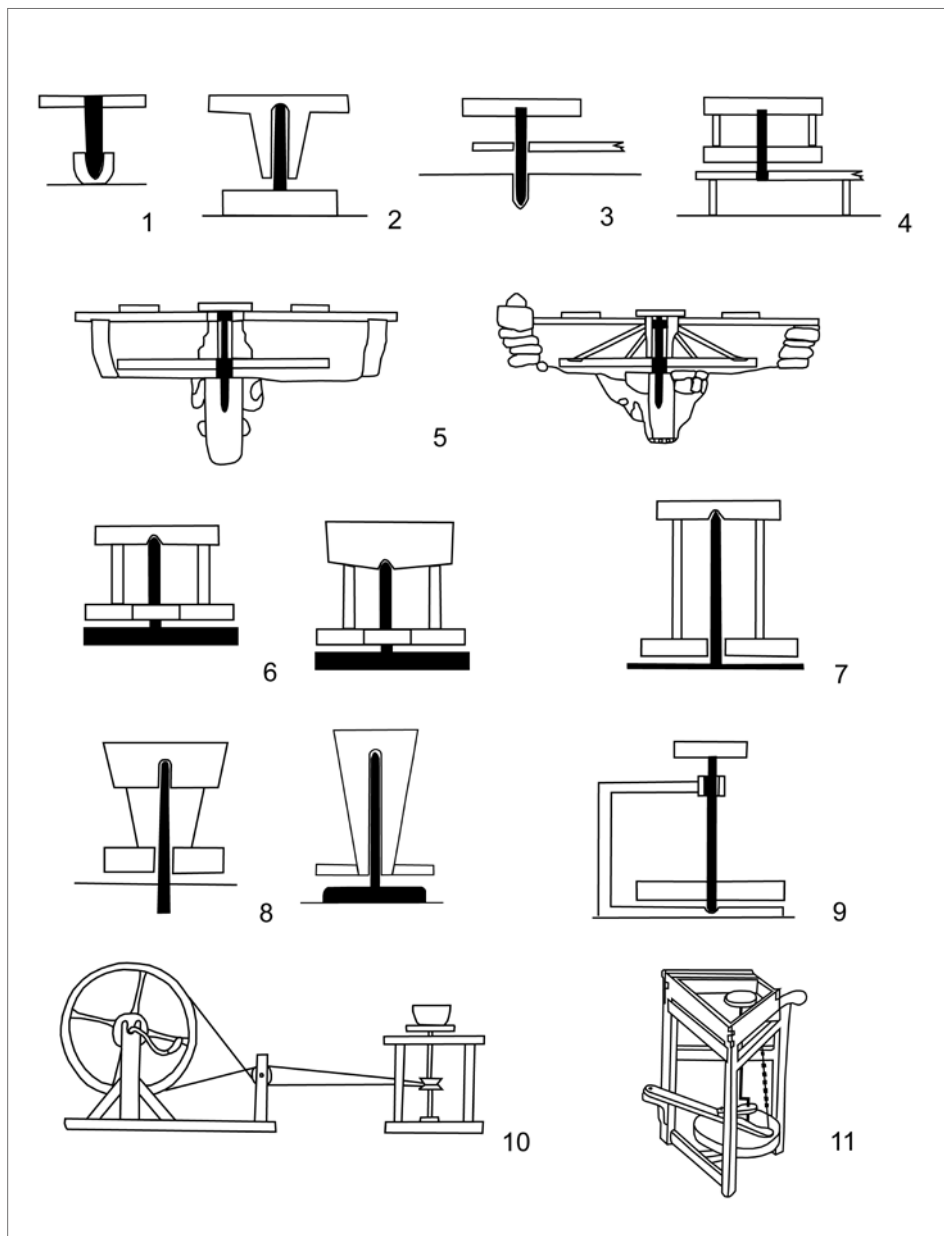
U rychloobrátkových kruhů je množství kinetické energie udržováno *setrvačnickem*, který představuje u většiny typů spodní kotouč. Setrvačnick musí mít správnou velikost a hmotnost, čím je setrvačnick větší v průměru a těžší, tím větší a stabilnější je setrvačná síla – avšak zároveň je však potřeba vyvinout vyšší energii k uvedení do pohybu prostřednictvím hrnčířových nohou. Hrnčíř kopáním do setrvačnicku může upravovat jeho rychlost. Platí přímá úměra: čím více energie setrvačnick absorbuje, tím delší je doba otáčení (Rye 1981, 74; Rice 1987, 134–135; Cuomo di Caprio 2017, 132, 141; Rogier 2015, 14; Berg 2020, 8330–8331).

Při rotaci je rovněž klíčová správná stabilita horního a spodního kola (setrvačnicku), aby nedošlo k vychýlení úhlové rychlosti. Problematika stability se týkala zejména vyšších šprušlových a blokových kruhů s masivním těžkým horním kolem (deskou), které při vysoké rotaci mohly vibrovat (obr. 11:7–8).⁵ Proto byla jejich vyšší stabilita zajištěna prostřednictvím svislých příček – šprušlí, které odlehčovaly namáhání centrální osy a zvyšovaly tak účinnost a trvanlivost kruhu. Zároveň sloužily k uchopení a jako pomůcka k roztáčení kruhu.

Šprušlové typy kruhů jsou považovány za jakési rudimentální formy rychloobrátkového kruhu (Žegklitz 1985, 147). Jedná se o první typy kruhů, jejichž podstatou je pohon nohou umožňující uvolnění rukou a plynulou rotaci při již poměrně vysoké rychlosti. Šprušlové kruhy se

4 Na rychloobrátkovém kruhu dokáže zkušený hrnčíř vyrobit nejméně 6 kusů nádob za hodinu (např. Scheuffler 1959, 50).

5 Tohoto problému si všiml již V. Scheuffler (1959, 11).



Obr. 11. Přehled vývoje typů hrnčářských kruhů. 1–3 – ruční otočné kruhy/desky (podle Scheuffer 1972, Tab. VIII:a–b; Rogier 2015, Abb. 21); 4 – ruční otočný kruh s křížovým nosníkem a lavicí (podle Rogier 2015, Abb. 25); 5 – loukoťové kruhy (rekonstrukce podle Leterme 2008, Abb. 15–16); 6 – křížové kruhy (podle Kaltenberger 2009, Abb. 111–112); 7 – příčkový/sprušlový kruh (podle Kaltenberger 2009, Abb. 101); 8 – blokové kruhy (podle Scheuffer 1972, Tab. VIII:d, Kaltenberger 2009, Abb. 100); 9 – vřetenový kruh (podle Kaltenberger 2009, Abb. 7); 10 – anglický lanový kruh (podle Rada 1956, obr. 108); 11 – moderní kruh na pákový převod (podle Rada 1956, obr. 110). Sestavil L. Čapek.

Abb. 11. Übersicht der Entwicklung von Töpferscheibentypen. 1–3 – handgetriebene Töpfer-/Drehscheiben (nach Scheuffer 1972, Tab. VIII:a–b; Rogier 2015, Abb. 21); 4 – handgetriebene Drehscheibe mit Kreuzträger und Bank (nach Rogier 2015, Abb. 25); 5 – Töpferräder (Rekonstruktion nach Leterme 2008, Abb. 15–16); 6 – Kreuzscheiben (nach Kaltenberger 2009, Abb. 111–112); 7 – Streben-/Sprossenscheibe (nach Kaltenberger 2009, Abb. 101); 8 – Blockscheiben (nach Scheuffer 1972, Taf. VIII:d, Kaltenberger 2009, Abb. 100); 9 – Spindelscheibe (nach Kaltenberger 2009, Abb. 7); 10 – englische Seilscheibe (nach Rada 1956, Abb. 108); 11 – moderne Scheibe mit Hebelsteuerung (nach Rada 1956, Abb. 110). Zusammengestellt von L. Čapek.

používaly prakticky bez přerušení od 13. až do 19. století, jak ukazuje početná ikonografie (srov. Čapek a kol. 2022, 49).

Vývojově nejprogressivnější jsou tzv. *rychloobrátkové vřetenové kruhy* (něm. *Spindel-scheibe*), které se Evropě objevily v 16. století v souvislosti s výrobcí majolik a fajánsí (obr. 11:9). Tyto kruhy se vyznačují menším a lehčím horním pracovním kolem (talířem), které je spojeno svislou dřevěnou, později železnou osou (vřetenem) s velkým a těžkým spodním hnacím kolem (podkružím), které plní funkci setrvačnicku, jehož cílem je udržovat dlouhou dobu otáčení. Pod horním kolem se nachází železná objímka s ložiskem, které udržuje stabilitu osy, ta je spojena vodorovnou hřídelí s hrnčířskou lavicí, umístěnou ve správné výšce, aby hrnčíř sedící za kruhem mohl roztáčet spodní kolo nohama. Hrnčíř k zajištění stability mohl mít na sobě pásovou řemenici spojenou s osou. Nad spodním hnacím kolem se u některých typů nacházely nášlapné desky (stupačky), kam hrnčíř mohl umístit chodidla po roztočení kruhu. Díky velké hybnosti a stabilitě se tyto typy kruhů rozšířily prakticky po celém světě od 16. až do konce 19. století a v některých zemích jsou používány dodnes (Pražák 1961, 48–49; Kerkhoff-Hader 1996, 226–228; Kaltenberger 2009, 179).

V podstatě až do 19. století byl pohyb hrnčířských kruhů iniciován jedinečně pomocí rukou a nohou (tj. mechanicky). K inovacím v rychloobrátkových kruzích došlo významněji až v 18. století, kdy se objevovaly kruhy poháněné pomocníkem prostřednictvím lanového kola (obr. 11:10) nebo poháněné pedálem (obr. 11:11), které však vycházely z konstrukce vřetenového kruhu (Rada 1956, obr. 102; Brears 1971, 98). Tyto inovace v hrnčířských kruzích byly zaváděny zejména v manufakturách na výrobu měkkých kamenin (*creamware*) a porcelánu ve Velké Británii a Spojených státech. Ve Spojených státech se objevily ve druhé polovině 19. století první kruhy poháněné vodní párou. S rozšířením elektrické energie byly uvedeny do provozu první elektrické hrnčířské kruhy, přičemž nejstarší příklady jsou datovány do 30. a 40. let 20. století (Kerkhoff-Hader 1996, 238–240; Kaltenberger 2009, 180; srov. Pražák 1961, 49). Jejich konstrukce je podobná konstrukci nožního vřetenového kruhu, ale pohon setrvačnicku zajišťuje elektromotor, který může být spouštěn pedálem nebo bočním tlačítkem (Hanykýř 2011, 199). Moderní kruhy poháněné elektrickou energií dosahují obdobné úhlové rychlosti otáček za minutu jako nožní rychloobrátkové kruhy, výhodou je možnost regulace otáček. Jsou však závislé na elektrické energii, což může představovat omezené použití v oblastech s jejím nedostatkem (např. Okewu 2014).

Až v souvislosti s průmyslovou výrobou keramiky ve druhé polovině 19. a ve 20. století se objevovaly nové techniky tváření, především vtačování, lití nebo lisování do forem, nejčastěji v podobě sádrových kadlubů. K tomuto účelu byly využívány mechanické lisovací stroje (Pražák 1961, 57; Scheufler 1988, 55; Rada 1956, 113–119; 1990, 119–124; Hanykýř 2011, 145–147). Tyto nové techniky tváření se rozšířily zejména s manufakturní výrobou porcelánu a měkkých kamenin.

Techniky úpravy nádob a aplikace výzdoby

Jistá energie byla vynaložena při úpravě povrchu, doplňování funkčních částí a zdobení nádob. Techniky byly aplikovány na nádoby nacházející se v různých stadiích kožovitého (měkkého) stavu po mírném a částečném vyschnutí a ztuhnutí povrchu. Množství investovaného času a energie se lišilo podle náročnosti povrchové úpravy a složitosti techniky výzdobného stylu, zejména v případě, kdy keramika byla nositelem určitého symbolického sdělení a nebyla určena pouze pro běžné použití. Energetické nároky a náklady jsou však obtížně měřitelné, neboť různé užití techniky se kumulovaly a kombinovaly (srov. např. Dietler–Herbich 1989, 155–156).

Ke zvýšení efektivity lidské práce sloužily nejrůznější pracovní nástroje, které povětšinou známe z etnografie a ikonografie, ale z archeologických nálezů pouze ojediněle. K úpravě povrchu soustružením sloužily nejrůznější čepele a nože (tzv. šíny, pírká a hlaváče) nebo dřevěné špachtle k odřezávání přebytečné hmoty. Dále se setkáváme s tzv. kulmíky či vařečkami k dotváření vydutých částí nádob, vyzvedávání a vyhlazování vnitřních stěn a s dalšími profilovacími nástroji. K hlazení povrchu se používaly také měkké nástroje, kusy textilií a kůží. Dna nádob

byla odřezávána od dřevěné podložky pomocí provázku, drátu či struny. Tyto tradiční nástroje se používaly hluboko do novověku (Černohorský 1941, 20–21; Landsfeld 1950, 16; Rada 1956, obr. 164; Pražák 1961, 50–52; Skružný 1974, 157–158; Žegklitz 1985, 151–152; Kaltenberger 2009, 184–187). Nástroje si hrnčíři vyráběli sami, nebo si je nechávali vyrábět od řezbářů či jiných profesí (Jarošová 1981, 21).

Až ke konci 18. a v 19. století jsou doloženy zejména v manufakturních hrnčířských dílnách různé soustružnické, obráběcí a brousíci mechanické stroje (Kybalová 1993, 25; Kaltenberger 2009, 201–202, Abb. 274–275). Například v roce 1795 náležel do vybavení továrny na porcelán v Praze anglický soustružnický stroj (*englischen Abdrehmaschine*). Stroje podobného typu měly i továrny na kameninu v Týnci nad Sázavou v roce 1801 a v Lokti v roce 1815 (Meyer 1927, 155, 173, 220; Konečný 2003, 99, 108, 158). Brousíci stroji (*Schleifmaschine*) k hlazení povrchu nádob byly vybaveny porcelánky v Březové a Dalovicích na Karlovarsku (Meyer 1927, 200, 270).

Technicky náročné na zručnost bylo připojování funkčních aplikací – uchycení, tj. přichycování uch k částečně již tvrdé nádobě. Ucha se musela připravit z pásků hlíny stejné konzistence jako nádoba (Jarošová 1981, 12). Pro úspěšné přichycení bylo důležité, aby tělo nádoby bylo vysušeno o něco více než samotné ucho, neboť při tlaku vyvinutém během připojování mohlo dojít k deformaci (van der Leeuw 1976, 140–147).

Výzdobné techniky můžeme rozdělit na ty, které vznikly mechanickým procesem (rytím, vypichováním, vytlačováním, kolkováním, vyškrabováním, řezáním, vytlačováním do formy, nalepováním nebo leštěním), a na dekory malířské a kombinované (Scheufler 1972, 50–51). K mechanickému zdobení se používaly jednoroté i vícehoré nástroje (hřebeny) vyrobené ze dřeva nebo kosti (parohu), dřevěné, kostěné nebo železné kolky a rádělka. Pro malovanou výzdobu (*malhornware*) sloužily nejrůznější štětce a malířské růžky – kukačky. Pro plastickou reliéfní výzdobu byly používány speciálně vyrobené dřevěné nebo keramické formy (Scheufler 1972, 51–52; Žegklitz 1985, 153; Rada 1990, 150–152; Kaltenberger 2009, 187–189; Varadzin 2010, 21–22). K usnadnění a zajištění pravidelnosti a symetrie výzdoby mohl rovněž dobře posloužit kruh nebo otočná deska. Vložená energie byla založena na lidské síle – tlaku, respektive přítlaku vyvinutém na stěnu nádoby. Důležitý byl i správný úchop pracovního nástroje, který se lišil podle techniky zdobení (např. van der Leeuw 1976, 148–149).

Po polovině 18. století byla v Anglii vynalezena technika měditisku, která se v 19. století rozšířila i do českých zemí. Vyhotovená mědirytina se přetiskávala na papír a odtud na nádoby. Tato technika postupně znamenala výrazné urychlení a zefektivnění výzdobného procesu, včetně významného snížení nákladů (Rada 1956, 139–140; Novotná 2000, 15–16). V 19. století proto řada továren nechala zřídřit měditiskové lisy (Konečný 2003, 122, 167).

Velmi náročné byly některé povrchové úpravy jako engobování, potuhování a glazování nádob, které vyžadovaly přípravu vhodných materiálů a přísad pro výrobu směsí. Hrnčíři si je zpravidla museli připravit sami, nebo je získat nákupem (viz předchozí kapitoly). Aplikace engoby a glazury v podobě jemné suspenze se prováděla máčením, vyléváním, nanášením, stříkáním apod. (např. Pražák 1961, 116–118; Štajnochr 1990, 44; Henderson 2000, 126–127; Kaltenberger 2009, 209–250; Blažková a kol. 2016, 300–319; Kloužková a kol. 2022, 60–65). Glazura se však zpravidla nanášela až na vysušený a již jednou vypálený výrobek (Rada 1956, 135).

Sušení

Po zhotovení, úpravě a zdobení nádoby nastává fáze sušení. Během tohoto stadia jsou k nádobě připojovány nejrůznější funkční prvky. Při sušení dochází k úniku vody, fyzikálně a chemicky vázané mezi částicemi jílu v pórech, jejíž přítomnost může způsobit vnitřní pnutí uvnitř keramické matrix generující energii, což může vést k popraskání nádoby (Santacreu 2014, 90). Fáze pomalého a rovnoměrného sušení před samotným výpalem nádob v peci byla proto důležitá. Sušení představuje energeticky náročný proces, který se provádí různými způsoby, využívajícími jak přírodní, tak jiné zdroje tepla (např. Hanykýř 2011, 101–102). Rychlost a způsob sušení

ovlivňuje řada faktorů, jako jsou množství vody v hlíně, vlastnosti jílových části (jejich velikost, uspořádání, orientace), teplota a její kolísání, proudění vzduchu, vlhkost prostředí. Rychleji se odpařuje voda z keramiky s hrubšími příměsemi/ostřivem než z jemnozrnné jílové hmoty (Henderson 2000, 128).

Za příznivých teplotních a povětrnostních podmínek (slunce, vítr) byly nádoby obvykle sušeny venku, na lavicích, prknech nebo v přístřešcích. Zdrojem energie pro fázi sušení je v tomto případě slunce a teplota atmosféry. Při vyšší venkovní vlhkosti a nízkých teplotách byly nádoby umístěné na policích sušeny v uzavřených, vytápěných nebo nevytápěných prostorech v rámci hrnčířské dílny. Doba sušení závisela na řadě faktorů, především na vlhkosti hmoty a jejich fyzikálních vlastnostech, které ovlivňovaly proces smršťování. Dále závisela na tloušťce stěny nádoby, vlhkosti okolního vzduchu, teplotě a způsobu větrání místnosti (Pražák 1961, 53; Kaltenberger 2009, 199–201). Různé způsoby sušení nádob ukazují četné ikonografické a etnografické prameny.

Z pozdního středověku máme u některých hrnčířských pracovišť doklady o užití vysoušecích pecí či topenišť, které mohly urychlit proces sušení prostřednictvím tepelné energie. Vysoušecí pícky a kanálová topeniště byly doloženy v rámci hrnčířské usedlosti č. XI v Sezimově Ústí. Tyto objekty byly interpretovány v souvislosti se sušením nádob (Richter–Krajc 2001, 72–74). Objekt s potenciální funkcí pro sušení nádob byl objeven také při výzkumu v Jihlavě, Křížové ulici čp. 14 (Zatloukal 1998, 29–30; 2000, 64). Užití vysoušecího zařízení v rámci hrnčířské dílny je doloženo v díle Agricoly z roku 1556 (Agricola 1550, 282). Speciální komorové nebo kanálové sušárny využívající teplovzdušného vytápění byly používány v manufakturní a průmyslové výrobě bělnin a porcelánu (Hanykýř 2011, 102, 147).

Běžně se nádoby k sušení umísťovaly do komory sousedící se stěnou pece, což je doloženo i v moderní výrobě (Moorhouse 1981, 101), nebo přímo do místnosti s pecí, do tzv. pecníku, kde se nádoby kladly na prkna stavěná podobně jako lešení (Pražák 1961, 113–114; Jarošová 1981, 12).

Výpal, tepelná energie a spotřeba paliva

Výpal vsádky nádob představuje energeticky nejnáročnější část výrobního procesu. Během výpalu dochází k vystavení nádob teplotnímu šoku. Nádoby se při zahřívání rozpínají, neboť díky množství absorbovaného tepla dochází ke zvýšení vibrační energie atomů a molekul, což v důsledku způsobuje zvětšení průměrné vzdálenosti mezi nimi (Bronitsky 1987, 88; Cuomo di Caprio 2017, 279). Zvýšená energie přítomná v matrix vede k tepelné roztažnosti jílových minerálů (tzv. dilatační divergenci), což v případě prudkého nárůstu teploty může vést až k popraskání nádob (Santacreu 2014, 14).

Cílem výpalu bylo co nejefektivněji využít tepelnou energii uvolňovanou při spalování paliva, která se mohla šířit třemi různými způsoby: *vedením* (teplo se přenáší kontaktem mezi pevnými tělesy), *prouděním* (horké plyny stoupají z topeniště a přenášejí teplo do nádob naskládaných ve vypalovací komoře cirkulací kolem nich) nebo *sáláním/zářením* (teplo se přenáší přímo pomocí infračervených paprsků vyzařovaných horkými tělesy; intenzita záření se zvyšuje s rostoucí teplotou; Cuomo di Caprio 2017, 328).

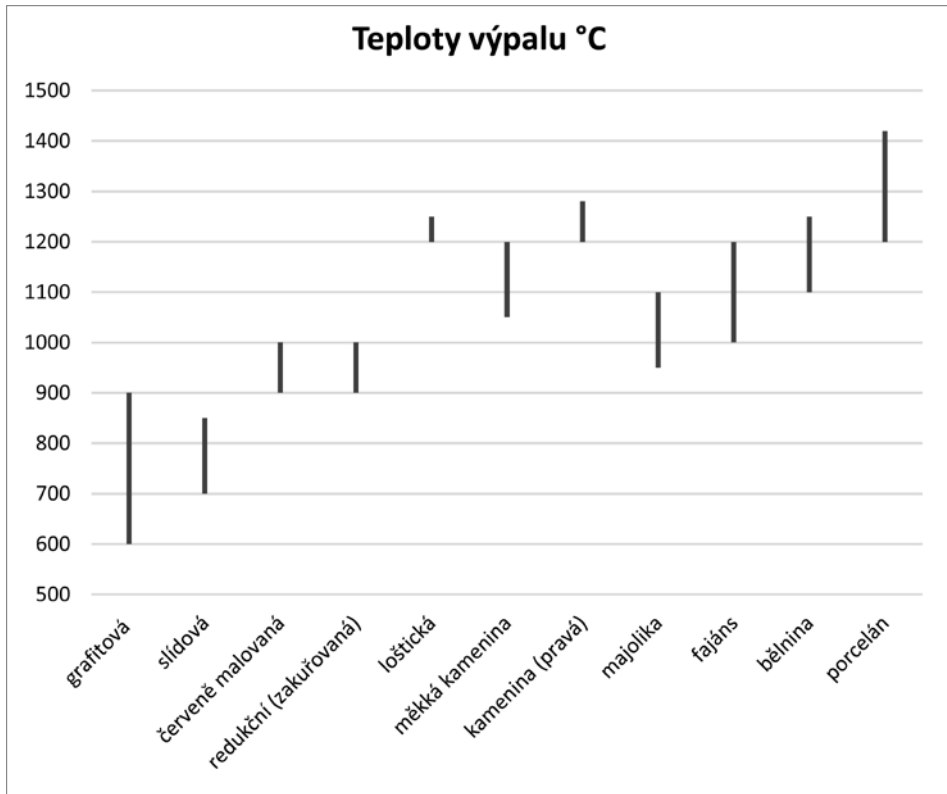
Při výpalu nádob bylo nutné zvážit jeho efektivní strategii s cílem dosažení optimálního rozložení teplot a požadované atmosféry výpalu – oxidační, redukční nebo smíšená/neutrální (Kaltenberger 2009, 268–281; Orton–Hughes 2013, 134–139). Charakter atmosféry závisel na způsobu přikládání a řízení tahu plamene v peci. Lehké a časté přikládání se silným tahem podporovalo oxidaci. Naopak velké dávky paliva při slabém tahu vytvářely spíše redukční podmínky. Kromě toho byla atmosféra ovlivněna druhem paliva, chemickým složením keramiky a způsobem jejího rozložení v peci (Newell 1999, 124).

Atmosféry výpalu mají rozdílnou energetickou náročnost. Oxidační výpal je méně energeticky náročný, co se týče nárůstu teplot, než redukční, vyžaduje však vyšší spotřebu paliva. V případě redukčního výpalu silná redukční atmosféra vzniklá uzavřením pece může způsobit

pokles teploty, čímž dojde k ochlazení nádob v peci. Redukční výpal produkuje méně tepelné energie, a to jak z hlediska doby potřebné k dokončení procesu výpalu, tak z hlediska spotřeby paliva. Přednost redukčního výpalu spočívá v tom, že se v určité fázi prudce zastaví nárůst teploty, což může předejít popraskání nádob (Newell 1999, 125).

V průběhu středověku a novověku se postupně zvyšovala teplota výpalu u různých druhů keramických skupin, nejvyšší teploty dosahovaly výpaly měkkých a tvrdých kamenin a porcelánu (viz obr. 12). Zásadní rozlišení výpalu spočívá také v tom, zda se jednalo o jednorázový nebo vícefázový výpal. Jednorázově byla pálena většina běžné vrcholné až pozdně středověké keramiky náležící do pórovin, teplota se pohybovala zhruba od 700 do 1 000 °C (Gregerová a kol. 2010, 30–32; Čapek a kol. 2022, 58–59). Také protokameniny (něm. *Protosteinzeug*; 1 000–1 100 °C) nebo skorokameniny (něm. *Fasteinzeug*; 1 050–1 200 °C) vyráběné ze speciálních jílů byly jednorázově páleny. Výpal tvrdých kamenin (něm. *Steinzeug*) probíhal při teplotě nad 1 200 °C (Stephan 1988, 94–95; Kaltenberger 2009, 280). Ložtické poháry, které náležely z hlediska technologie výroby ke kameninám, byly páleny při teplotách 1 200 až 1 250 °C (Gregerová a kol. 2010, 159).

Glazovaná keramika procházela dvěma výpaly, kvůli možnému poškození popraskáním během výpalu. Při prvním, tzv. biskvitovém výpalu (přežahu), který probíhal za nižších teplot, zhruba 800–900 °C, byly zajištěny mechanické vlastnosti keramiky, tedy její pevnost. Druhý, tzv. ostrý nebo hladký výpal probíhal na již glazovaný výrobek při teplotách obvykle v rozmezí 900–1 100 °C (Kaltenberger 2009, 273–276; Hanykýř 2011, 102–103). Fajánse a majoliky se vypalovaly nadvakrát nebo natřikrát, v případě jejich dekorování. Rozdíl oproti hrnčinám (pórovinám)



Obr. 12. Rozsahy teploty výpalu (°C) u různých keramických skupin. Sestavil L. Čapek.

Abb. 12. Brenntemperaturen (°C) bei verschiedenen Keramikgruppen. Zusammengestellt von L. Čapek.

Tab. 3. Srovnávací tabulka experimentálních výpalů. Sestavil L. Čapek.
 Tab. 3. Vergleichstabelle experimenteller Brände. Zusammengestellt von L. Čapek.

| Lokality | Typ výpalovacího zařízení | Předloha výpalovacího zařízení | Doba výstavby výpalovacího zařízení | Prům. doba výroby nádoby (menší nádoby) 4,5 hod. (větší nádoby) | Počet nádob (vádka) | Druh keramiky/datování | Druh výpalu | Skutečná doba výpalu | Dosažená teplota výpalu | Spotřeba dřeva | Rok výpalu | Literatura |
|---------------|---|--------------------------------|-------------------------------------|---|---------------------|---|-------------|----------------------|-------------------------|-------------------------|------------|---|
| Březno u Loun | vertikální pec s roštěm | Nitra-Lupka č. 9 | 65 hod. (bez těžby hlíny) | 50–60 min. (menší nádoby) 4,5 hod. (větší nádoby) | 22 | časně slovanská/středohradští keramika 9. století | oxidační | 20 hod. | 780–800 °C | 0,25 m ³ | 1984 | Peiner 1988 |
| Mikulčice | dvoukomorová pec | ? | ? | | | grafitová keramika | redukční | 10 hod. | až 700 °C | ? | | Gregorová a kol. 2010 |
| Panská Lhota | horizontální jednoprostorová pec se středovým jazykem | Jihlava-Křížová ul. 14 | cca 5 dní | | ? | keramika vyrobená z lokálních jílu a průmyslových hlín | oxidační | 11 hod. | 700–850 °C | 0,5–0,75 m ³ | 2013 | Bočková a kol. 2014 Těsnohlídková 2021 |
| Panská Lhota | | | | | 50 | keramika vyrobená z lokálních jílu a průmyslových hlín | zakuřovaný | 14 hod. | 850 °C | | 2014 | Těsnohlídková 2021 |
| Panská Lhota | | | | | 112 | keramika vyrobená z lokálních i vzdálenějších zdrojů jílu a průmyslových hlín | zakuřovaný | 15 hod. | 1 000 °C | 0,5 m ³ | 2016 | Těsnohlídková 2021 |
| Panská Lhota | | | | | 116 | keramika vyrobená z průmyslových hlín | zakuřovaný | 13,5 hod. | 930 °C | 0,5 m ³ | 2017 | Těsnohlídková 2021 |
| Panská Lhota | | | | | 123 | keramika vyrobená z průmyslových hlín a vzdálenějších zdrojů jílu | zakuřovaný | 10 hod. | 1 024 °C | 0,33 m ³ | 2018 | Těsnohlídková 2021 |
| Panská Lhota | | | | | 108 | keramika vyrobená z průmyslových hlín a lokálních chláfských hlín | zakuřovaný | 8,5 hod. | pod 1 000 °C | 0,4 m ³ | 2019 | Těsnohlídková 2021 |
| Panská Lhota | jednoprostorová mířovitá pec | Snášil 1970 | cca 1 den | | 54 | keramika vyrobená z lokálních jílu a průmyslových hlín | zakuřovaný | 11 hod. | 840 °C | | 2015 | Těsnohlídková 2021 |

| | | | | | | | | | | | | |
|--------------|-----------------|------------------------------|----------|----------------------------|-----|--|-------------------|-------------|------------|----------------------|------|--------------------|
| Panská Lhota | | | | | 56 | keramika vyrobená z průmyslových hlín a vzdálenějších zdrojů jílu | zakutrovaný | 14 hod. | 880 °C | 0,7 m ³ | 2016 | Těsnohládková 2021 |
| Panská Lhota | | | | | 68 | keramika vyrobená z lokálních jílu a průmyslových hlín | oxidační | 7 hod. | 700 °C | 0,2 m ³ | 2019 | Těsnohládková 2021 |
| Panská Lhota | vypalovací jáma | | | | 25 | | redukční | | nad 350 °C | | 2014 | Těsnohládková 2021 |
| Panská Lhota | | | | | ? | | smíšený | 2 hod. | 700 °C | | 2016 | Těsnohládková 2021 |
| Panská Lhota | | | | | 11 | | smíšený | | 700 °C | 0,3 m ² | 2016 | Těsnohládková 2021 |
| Panská Lhota | | | | | | | smíšený | | 700 °C | | 2016 | Těsnohládková 2021 |
| Panská Lhota | | | | | 13 | keramika vyrobená z průmyslových hlín | smíšený | 4,75 hod. | nad 800 °C | 0,25 m ³ | 2017 | Těsnohládková 2021 |
| Panská Lhota | | | | | 20 | keramika vyrobená z průmyslových hlín | smíšený | 5 hod. | nad 900 °C | 0,45 m ³ | 2019 | Těsnohládková 2021 |
| Panská Lhota | | | | | 23 | | smíšený | 3 hod. | 475 °C | 0,3 m ³ | 2019 | Těsnohládková 2021 |
| Panská Lhota | | | | | 21 | keramika z lokálních a průmyslově vyrobených hlín | smíšený | 5 hod. | pod 900 °C | 0,5 m ³ | 2019 | Těsnohládková 2021 |
| Panská Lhota | | | | | 9 | keramika vyrobená z lokálních cihlářských hlín a vzdálenějších hlín | smíšený | 6 hod. | pod 700 °C | 0,126 m ³ | 2019 | Těsnohládková 2021 |
| Panská Lhota | | | | | 11 | keramika vyrobená z lokálních cihlářských hlín a vzdálenějších hlín | smíšený | 1,5 hod. | nad 900 °C | 0,126 m ³ | 2019 | Těsnohládková 2021 |
| Divčí kámen | výpal v jámě | podle Chavarria 1999 | | 2 až 5,75 hod. | | nádoby vyrobené válečkovou technikou (miska, poklička, zásobní hrnec, malá nádoba) | oxidačně-redukční | cca 48 hod. | 400–450 °C | | 2013 | Macků 2016 |
| Divčí kámen | mlířovitá pec | mlíř Panská Lhota, V šestary | 5,5 hod. | 2,5 a 2,9 hod. (zásobnice) | 2+3 | grafitové zásobnice hrnce 13. století | oxidační přežah | cca 12 hod. | 653–732 °C | | 2021 | Macků 2021 |

je v tom, že se vypalovaly nejdříve na vyšší teplotu kolem 1 100 °C, po ochlazení a nanesení cíničito-olovnaté glazury se páliły na nižší teplotu kolem 900 °C. Pokud byly výrobky dekorovány na vypálenou glazuru, prošly třetím dekoračním výpalem při teplotě kolem 600 °C (Hanykýř 2011, 119).

Některé druhy měkkých kamenin, tzv. bělniny (něm. *Steingut*⁶), byly též vypalovány dvakrát. První biskvitový výpal probíhal při vyšší teplotě v rozmezí 1 010–1 250 °C po dobu 30–40 hodin a následný hladký výpal keramiky namočené do bílé transparentní glazury probíhal o nižší teplotě pod 1 080 °C (Kaltenberger 2009, 273; Hanykýř 2011, 256; Koucká 2016, 48). Porcelán se pálił natřikrát, přičemž konečná teplota dosahovala až 1 380–1 410 °C. Doba pálení byla 18 až 60 hodin (Hanykýř 2011, 148–149; Koucká 2016, 49). Již z toho plyne, že s růstem počtu výpalů a dosažení požadovaných teplot roste technologická i energetická náročnost celého vypalovacího procesu, včetně vysoké spotřeby paliva.

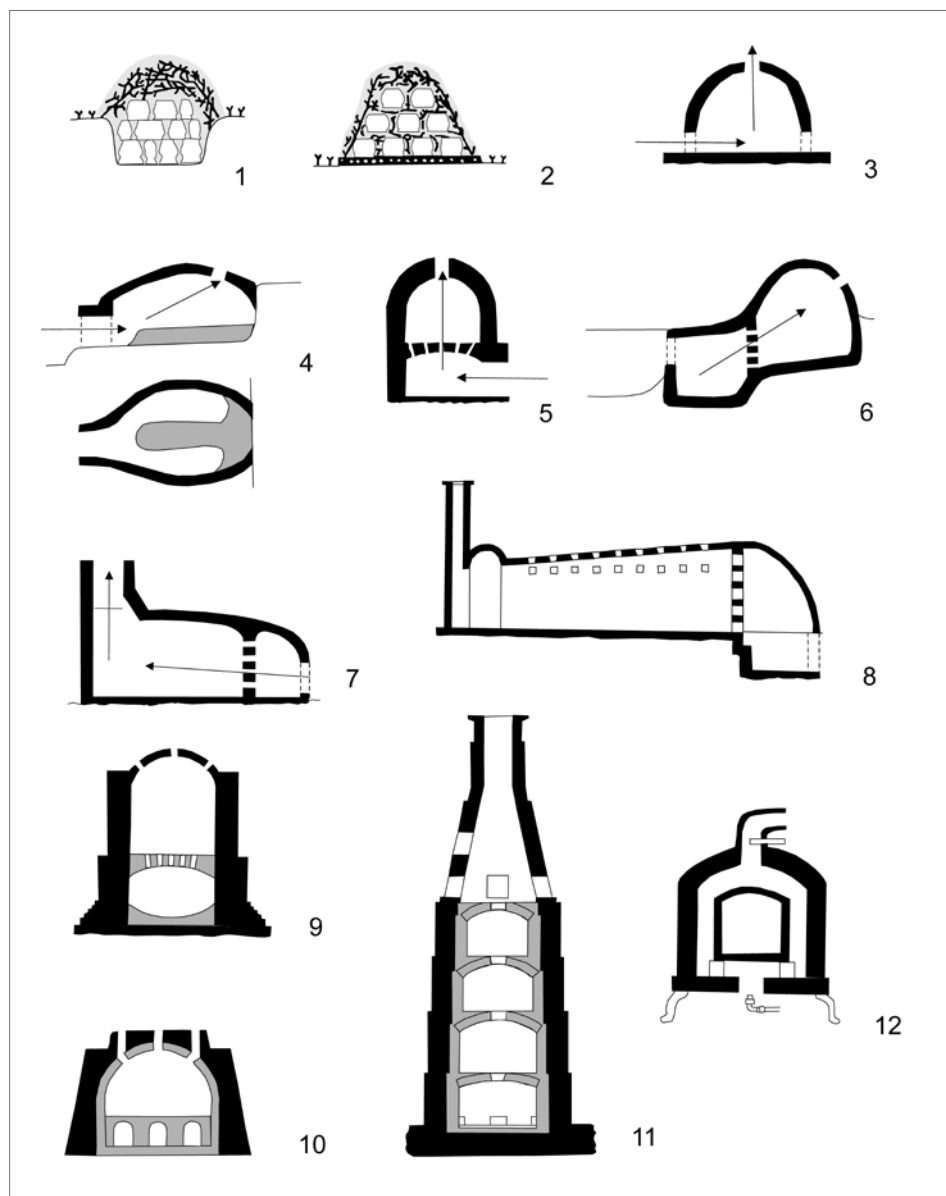
Technologie výpalu prošla dlouhým vývojem, včetně různých vypalovacích zařízení. Nejstaršími vypalovacími technologiemi jsou *výpaly v jámě* a tzv. *miliřovité výpaly* (obr. 13:1–2), jejichž výstavba je nejméně energeticky náročná (např. Rice 1987, 155; Henderson 2000, 135–136; Kaltenberger 2009, 250; Varadzin 2010, 23). Miliřovitý způsob výpalu, na rozdíl výpalu v jámě, přetrvál v některých oblastech až do novověku. Díky možnosti uzavření se miliřovité pece používaly k výpalu redukční zakuřované keramiky nebo některých tvrdých kamenin (Scheufler 1964, 348; 1972, 70; Snášil 1970, 328–329; Jarošová 1981, 12; Juračková 1984, 51–55; Hladík 1988, 173–174).

V průběhu vrcholného středověku se u nás rozšířilo užití pecí – objektů se stabilní izolační strukturou umožňující akumulaci a rozvod tepla prostřednictvím spalování paliva. Výstavba pecí vyžadovala větší investice – delší čas a větší množství vynaložené energie (lidské práce). Výhodou však bylo, že v pecích mohlo být opakovaně vypáleno větší množství nádob, výpal byl kvalitnější a homogennější a celkové ztráty nižší. Jednotlivé pece se kromě půdorysu, velikosti, konstrukce a řazení topeniště a vypalovací komory liší ve způsobu využití tepelné energie; ta mohla být regulována upravováním směrů tahů plamene a horkých plynů. To umožňovaly nejrozličnější vnitřní konstrukce – topné/tahové kanály, dělicí prvky a rošty. Důležité pro rozvod tepla bylo také samotné rozmístění vsádky nádob. Pro rozlišení jednotlivých pecí je proto rozhodující způsob výpalu a řízení směrů tahů plamene ve vypalovací komoře, nikoliv primárně podoba jejich konstrukce. Pece umožňují více kontrolovat průběh a atmosféru výpalu (oxidační/redukční) pomocí přikládání paliva a otevíráním nebo uzavíráním kouřových otvorů, přesto i tak nebylo možné u většiny pecí zajistit udržení rovnoměrné teploty v celé komoře (Kaltenberger 2009, 251–252; srov. Heege 2007; Procházka 2015; Čapek–Preusz 2019).

Pece obvykle rozdělujeme na jednokomorové nebo dvoukomorové podle toho, zda je topeniště odděleno od vypalovací komory dělicím prvem. Starší typy pecí představují *pece jednokomorové*, kde vsádka byla v přímém kontaktu s palivem a byla umístěna v jedné vypalovací komoře (obr. 13:3). Rozvod tepla a odvod kouře umožňoval otvor v horní části kupole pece (např. Vágner 2002, 315; Heege 2007, 12).

S *vertikálními (stojatými) dvoukomorovými pecemi* kruhového nebo oválného půdorysu, kde topeniště a vypalovací komora jsou řazeny nad sebou a odděleny horizontálním roštem s průduchy, se setkáváme již v raném středověku (obr. 13:5). Jejich konstrukce navazuje na pece antické tradice. Teplo ohně stoupalo z topeniště zespodu do vypalovací komory přes otvory dělicího roštu. Vertikální tah plamene a odvod kouře umožňoval otvor ve vrcholu kupole pece. Vertikální (stojaté) pece sice spotřebovávaly hodně paliva, ale umožňovaly poměrně rychlé dosažení teplot i přes 1 000 °C. Jejich nevýhodou byla omezená možnost regulace atmosféry a teploty výpalu (Janssen 1987, 109; Kock–Schmidt 2001, 248–249; Vágner 2002, 314; Weiser 2003, 19; Heege 2007, 16, 45–56; Kaltenberger 2009, 253).

6 Pro označení skupiny měkkých kamenin se používá název bělnina (např. Kybalová 2000, 20).



Obr. 13. Přehled typů vypalovacích zařízení a hrnčířských pecí. 1 – otevřený výpal na způsob milře (podle Henderson 2000, Fig. 4.11, 1); 2 – jámový otevřený výpal (podle Henderson 2000, Fig. 4.11, 2); 3 – jednoprostorová vertikální pec (podle Volf 2006, příl. 17:1); 4 – ležatá pec se středovým jazykem (podle Volf 2006, příl. 17:IV); 5 – vertikální (stojatá) pec (podle Kaltenberger 2009, Abb. 402); 6 – horizontální dvouprostorová pec s dělicí přepážkou (podle Janssen 1987, Abb. 17); 7 – horizontální (ležatá) pec (podle Kaltenberger 2009, Abb. 409); 8 – kasselská pec (podle Heege 2007, 40); 9 – obdélníkovitá pec na majoliku/fajáns (podle Heege 2007, Abb. 89); 10 – pec na kameninu (podle Kaltenberger 2009, Abb. 416); 11 – poschodová pec na porcelán (König et al. 2011, Abb. 8); 12 – muflová plynová pec (podle Rada 1956, obr. 215). Sestavil L. Čapek.

Abb. 13. Übersicht der Brennanlagen und Brennöfen. 1 – offener Brand nach Art eines Meilers (nach Henderson 2000, Fig. 4.11, 1); 2 – offener Grubenbrand (nach Henderson 2000, Fig. 4.11, 2); 3 – vertikaler Einkammerofen (nach Volf 2006, Anhang 17:1); 4 – liegender Ofen mit Mittelzunge (nach Volf 2006, Anhang 17:IV); 5 – vertikaler (stehender) Ofen (nach Kaltenberger 2009, Abb. 402); 6 – horizontaler Zweikammerofen mit Trennwand (nach Janssen 1987, Abb. 17); 7 – horizontaler (liegender) Ofen (nach Kaltenberger 2009, Abb. 409); 8 – Kasseler Ofen (nach Heege 2007, 40); 9 – rechteckiger Ofen für Majoliken/Fayancen (nach Heege 2007, Abb. 89); 10 – Ofen für Steinzeug (nach Kaltenberger 2009, Abb. 416); 11 – Etagenöfen für Porzellan (König et al. 2011, Abb. 8); 12 – Muffelgasofen (nach Rada 1956, Abb. 215). Zusammengestellt von L. Čapek.

Ve vrcholném středověku se rozšířily *horizontální (ležaté) dvoukomorové pece* oválného půdorysu, kde topeniště, vypalovací komora a otvor pro odvod kouře či komín jsou řazeny za sebou vodorovně nebo šikmo pod mírným úhlem (obr. 13:6–7). Vypalovací komora od topeniště mohla být oddělena středovými sloupy, dělicí přepážkou nebo svislým či šikmým stupněm. Rozvod horkých plynů a tepla do spalovací komory ve více směrech umožňovaly tahové kanály, stejnou funkci plnil středový sokl či jazyk, který sloužil i jako opora pro umístění vsádky. V těchto typech pecí bylo možné lépe řídit a kontrolovat tah plamene a průběh atmosféry, k využití jejich technických vlastností byla však nutná značná zkušenost a zručnost (Vágner 2002, 314; Weiser 2003, 27; Heege 2007, 16–17; 67–69).

Horizontální (ležaté) pece se vyvinuly ve vrcholném a pozdním středověku v řadu regionálních typů se středovým jazykem (obr. 13:4), který mohl být vyroben jak z hlíny, tak z hrncovitých nádob, nebo na typy s dělicí protipožární přepážkou tvořenou hliněnými sloupy nebo hrncovitými nádobami (Heege 2007, 69–80; Čapek–Preusz 2019, 331–338). Z hlediska využití tepelné energie jsou nejvíce efektivní *horizontální typy pecí s diagonálním tahem plamene* (obr. 13:6), který prostupuje pod určitým úhlem celou vypalovací komorou. Tah plamene umožňovaly vhodně umístěné otvory pro odvod kouře a také stoupající podlaha pece. Tyto typy pecí umožnily dosáhnout vysokých teplot kolem 1 050 °C, ale byly náročnější vzhledem k vysoké spotřebě paliva (Weiser 2003, 25; Kaltenberger 2009, 255–256; Čapek–Preusz 2019, 233–235). V některých oblastech byly tyto typy pecí používány lidovými hrnčíři až dlouho do novověku (Vágner 2002, 318–319).

V raném novověku (16. století) se v souvislosti s výrobci majolik a později fajánsi objevily *vertikální dvoukomorové typy pecí obdélníkovitého půdorysu* (typ Piccolpasso).⁷ Vyznačovaly se dlouhým topeništěm po celé délce podlahy pece, kde stěny byly podepřeny vynásecími pasy nebo oblouky s tahovými otvory. Vypalovací komora byla ukončena tunelovou klenbou s průduchy umístěnými v řadách za sebou. Tyto pece byly v provozu až do 19. století (obr. 13:9; Heege 2007, 57–67; Dawson–Kent 2008, 211–212).

Horizontální (ležaté) pece můžeme v raném novověku (v 16. století) rozlišit do několika dalších typů. Jedná se především o různé typy *pecí na kameninu obdélníkovitého* (typ Westewald) nebo oválného půdorysu (typ Frechen), které se vyznačují otvorem v kupoli pece, kterým se vhažovala sůl za účelem dosažení solné glazury (obr. 13:10; Heege 2007, 82–95; Kaltenberger 2009, 260; Kerkhoff–Hader 2011, 256–267).

Ve druhé polovině 18. století se rozšířily u výrobců kamenin a fajánsi *kasselské typy* cihlových pecí obdélního až oválného půdorysu, u nichž je topeniště umístěno níže než spalovací komora (obr. 13:8).⁸ Topeniště a vypalovací komora jsou odděleny dělicí stěnou s otvory (tzv. štendrem) a podlaha vypalovací komory je plochá nebo mírně skloněná. Tyto typy pecí umožnily díky průduchům v kupoli a zadnímu vyššímu komínu rovnoměrné rozložení teploty za poměrně úsporné spotřeby paliva (Heege 2007, 107–111; Kaltenberger 2009, 256–257; Čapek–Preusz 2019, 338–339). S podobnou variantou, tzv. *videňskou pecí* je spojována i raná výroba porcelánu (König et al. 2011, 281–283).

K vypalování bohatě zdobených majolik, fajánsi a bělnin se od druhé poloviny 18. a v 19. století začaly používat *muflové pece*. Vsádka byla umístěna ve speciálně uzavřeném vnitřním prostoru pece, tzv. mufli, chráněna před přímým kontaktem s plameny, aby nedošlo k znečištění keramiky částicemi popela a sazí. Horké plyny a teplo procházely v meziprostoru mezi stěnami pece a mufli (Heege 2007, 16; Kaltenberger 2009, 255; Hanykýř 2011, 121; Koucká 2016, 47).

7 Pece typu Piccolpasso používali habáni, výrobci fajánsi na Moravě (Pajer 2007, 231–232, obr. 3–5; Čapek–Preusz 2019, 339–340).

8 Kasselské typy pecí se v českých zemích rozšířily v 19. století (Scheufler–Plicková 1966, 11; Scheufler 1972, 89).

S manufakturní výrobou bělnin a porcelánu jsou spojeny vysoké *kruhové lahvovitě*⁹ pece, které se rozšířily na konci 18. a v průběhu 19. století. Jednalo se jednopatrové až třípatrové pece (obr. 13:11). Přizemní komora sloužila k vypalování glazovaných výrobků pomocí tzv. zvrtného plamene, v prvním patře docházelo k přežahu porcelánu a ve třetím se předvypalovala šamotová pouzdra. Díky spodnímu tahu plamene ze spodních topenišť a zužujícímu se vysokému kónickému komínu bylo možné dosáhnout vysokých teplot přes 1 200 °C. Kromě dřeva bylo jako palivo používáno uhlí (Nový 1974, 471; Dawson–Kent 2008, 201–226; König et al. 2011, 287–288). Vnitřky pecí mohly pojmout až tisíce kusů keramiky, nastohovaných ve speciálně vyrobených záruvzdorných keramických pouzdech – kapslích či tzv. saggarech (podle angl. *saggars*). Nádoby byly také od sebe oddělovány pomocí různých šamotových pomůcek, které zabraňovaly tomu, aby se naglazované nádoby při výpalu slepily¹⁰ (Rada 1956, 149–150; Brzobohatý–Špaček 1983, 219–221; White–Paynter–Brown 2015, 40).

Zásadní pro funkční rozlišení pecí, kromě jejich tvarů v půdorysu a způsobů proudění horkých plynů, je i to, zda se jedná o pece s periodickým nebo přerušovaným výpalem, kam patří většina středověkých pecí, nebo se jedná o pece s kontinuálním výpalem (Heege 2007, 16). Některé pece byly určeny jen pro jednorázový výpal (většina běžných hrncin), jiné byly určeny ke dvojitému (glazovaná keramika a některé druhy kamenin), či dokonce trojitému výpalu (majolika/fajáns, bělnina, porcelán). Podle druhů výpalu se také lišila celková doba výpalu, spotřeba paliva a jeho energetická náročnost.

U vrcholně/pozdně středověkých a raně novověkých pecí můžeme v čase pozorovat trend zvětšování jejich velikosti a kapacity. Cílem bylo dosáhnout vyšších teplot při efektivním využití paliva. Předpokladem bylo, že větší pece lépe využívají energii uloženou v palivu – platí pravidlo, že dřevo hoří při velkém ohni efektivněji než při malém (Kaltenberger 2009, 256). Čím větší pec, tím větší objem keramiky mohl být do ní vložen. Důvodem zvětšování velikosti pecí byl také zvyšující se objem produkce vyvolaný poptávkou spotřebitelů (srov. Vágr 2002, 335).

Trend zvětšování velikosti pecí můžeme pozorovat na vzorku archeologicky doložených vypalovacích zařízení z Čech (celkem 37 pecí s uvedenými rozměry). Jak ukazuje graf, trend směřuje od malých vertikálních pecí spíše kruhového půdorysu z vrcholného středověku k velkým oválným a více pravidelným tvarům půdorysů horizontálních pecí z pozdního středověku a raného novověku (obr. 14).

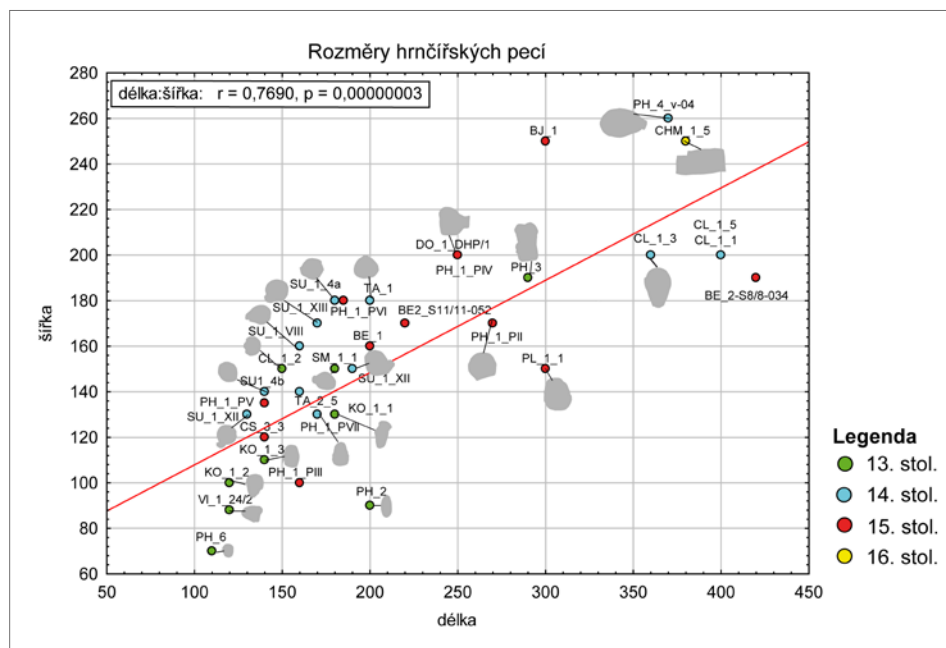
V literatuře někdy panuje mylná představa, že větší izolovanost struktury pece vede k významné úspoře energie (např. Rice 1987, 153). Větší dvouprostorové pece (tj. pece se vsádkou oddělenou od topeniště) měly vyšší spotřebu paliva než jednoprostorové pece, neboť značná tepelná energie byla spotřebována na samotné zahřátí konstrukce pece (Weiser 2000, 60). Při výpalu ve velké uzavřené peci dochází k tepelným ztrátám. Uvádí se, že až 30 až 40 % tepla se ztrácí sáláním, prouděním a vedením (Henderson 2000, 142; Weiser 2000, 11).

Otevřené výpaly v jámě nebo výpaly v jednoprostorových pecích, kde je vsádka v přímém kontaktu s palivem, se ukazují z hlediska spotřeby paliva jako ekonomičtější (srov. Pool 2000; u nás Thér–Mangel 2014, 9). Otevřené výpaly využívají však pouze 10 % energetického potenciálu dřeva a bylo při nich obtížnější ovládat vypalovací atmosféru a rychlé změny teplot (Henderson 2000, 135, 142; Kaltenberger 2009, 250).

Rozdíl mezi otevřeným výpalem v jámě a výpalem v uzavřené peci je také v časové náročnosti a rychlosti potřebné k dosažení určité teploty. Otevřený výpal může trvat několik desítek minut až několik hodin, aby dosáhl rozmezí teplot od 550 do 1 000 °C. Průměrná rychlost ohřevu se pohybuje 120 °C/min. Výpal v peci může trvat od 1 do 6 hodin k dosažení teplot v rozmezí

9 Německá terminologie tyto pece označuje jako *Rundofen* (Heege 2007, 16), anglická jako *bottle kiln* (White–Paynter–Brown 2015, 37). S kruhovými pecemi se setkáváme i v Čechách. Nejstarší je kruhová pec v bývalé thunovské porcelánce v Klášterci nad Ohří z konce 18. století (Nový 1974, obr. 262). Kruhová pec na výpal wedgwoodových kamenin byla zřízena ve Vranově ve druhé třetině 19. století (Novotná 2000, 18). V továrně na výrobu porcelánu v Březové byly čtyři, ve Slavkově dokonce až deset kruhových pecí (Poche 1954, 40; Hejčlová–Mergl 2002, 30). Menší kruhové jednoposchodové pece anglického typu měly i malé hrnčířské dílny na porcelán, např. ve Žďánově (Scheufler 1993, 77). Na Moravě byla patrovými kruhovými pecemi vybavena továrna na kameninu v Olomoučanech (Kalinová–Lesová–Kominčková 2017, 22).

10 Tyto nálezy jsou známy i z českého prostředí, etnograficky jsou označovány jako kredle (Rada 1956, obr. 205; Musil 2015).



Obr. 14. Vztah velikosti a šířky konstrukce hrnčířských pecí v Čechách. BE_1 – Beroun – Česká ulice čp. 56; BE_2 – Beroun – Česká ulice čp. 140; BJ_1 – Bakov nad Jizerou; CL – Česká Lípa; DO_1 – Domažlice; CHM_1 – Chomutov; KO_1 – Kostelec nad Orlicí; PH_1 – Praha – náměstí Republiky; PH_2 – Praha – Malá Strana, Hellichova ulice; PH_3 – Praha – Malá Strana, Malostranské náměstí čp. 258; PH_4 – Praha – Malá Strana, Vlašská ulice čp. 355; PH_6 – Praha – Valdštejnské nám; PL_1 – Plzeň – Lochotínská ulice; SU_1 – Sezimovo Ústí; TA_1 – Tábor; VI_1 – Vicov. Sestavil L. Čapek.

Abb. 14. Größen- und Breitenverhältnis der Bauweise von Brennöfen in Böhmen. BE_1 – Beroun – Česká ulice Konstruktions-Nr. 56; BE_2 – Beroun – Česká ulice Konstruktions-Nr. 140; BJ_1 – Bakov nad Jizerou; CL – Česká Lípa; DO_1 – Domažlice; CHM_1 – Chomutov; KO_1 – Kostelec nad Orlicí; PH_1 – Prag – Platz der Republik; PH_2 – Prag – Kleinsseite, Hellichova-Straße; PH_3 – Prag – Kleinsseite, Kleinsieitner Ring Konstruktions-Nr. 258; PH_4 – Prag – Kleinsseite, Vlašská-Straße Konstruktions-Nr. 355; PH_6 – Prag – Wallensteinplatz; PL_1 – Pilsen – Lochotínská-Straße; SU_1 – Sezimovo Ústí; TA_1 – Tábor; VI_1 – Vicov. Zusammenge stellt von L. Čapek.

650 až 1 000 °C. Rychlost výpalu je však výrazně nižší pod 20 °C/min. (Roux 2019, 120; srov. Thér–Gregor 2011).

Důležité informace o vlastnostech pecí a jejich efektivitě během výpalu přináší experimentální výzkum. V Čechách a na Moravě byla provedena již řada experimentů v různých typech vypalovacích zařízení s různými podmínkami výpalu. Sledována byla zejména doba trvání výpalu, nárůst teplot, charakter atmosféry a také spotřeba paliva (přehled výsledků provedených experimentů ukazuje tab. 3).

Do energetických investic týkajících se hrnčířské výroby bychom měli zahrnout i náklady na těžbu a zpracování dřeva (Henderson 2000, 142; Miller 2009, 127; srov. Allios–Lagarigue 2015, 644). Pro hrnčíře bylo palivové dříví významnou nákladovou položkou, ovlivňující i jejich konkurenceschopnost (Kaltenberger 2009, 261). K dispozici máme některé domácí experimentální studie, které ukazují průměrnou spotřebu paliva na jeden výpal v různých typech vypalovacích zařízení, jež se liší v závislosti na typu a délce výpalu. Hodnoty se pohybují od 0,25 až 4 m³ dřeva na jeden výpal hrnčiny (viz tab. 3). Tyto hodnoty odpovídají i údajům známým z etnografie (srov. Snášil 1970, 332; Jančárová 1984, 54; Hladík 1988, 173–174).

S vyššími teplotami výpalu a větší velikostí pecí stoupaly náklady na množství palivového dřeva. Například průměrná spotřeba kasselské pece na výpal kameniny ve Westerwaldu o celkové délce 4,6 m a kapacitou spalovací komory téměř 4 m³ spotřebovala za 12 hodin výpalu při dosažení teploty 1 000 °C až 6 m³ dřeva, což v přepočtu na jeho hmotnost představuje cca 2,7 tuny

dřeva (Weiser 2003, 11). Výpal kunštátské kameniny o teplotě kolem 1 300 °C dosahoval spotřeby v průměru 8 až 10 m³ dřeva (Pražák 1961, 120). Spotřeba paliva se odvíjela od počtu výpalů za rok; hrnčířské dílny, které pálily až 10× nebo 20× ročně, mohly průměrně spotřebovat 50 až 100 m³ dřeva (Kaltenberger 2009, 267). Dřevo představovalo významný náklad, hrnčíři si dřevo obstarávali z panských lesů nebo od soukromníků. Kupovali zpravidla dřevo horší kvality, kromě toho také běžně nakupovali odřezky z pil (Pražák 1961, 120).

Určité problémy při hrnčířské výrobě mohl způsobovat nedostatek palivového dřeva, jehož množství v důsledku odlesňování krajiny klesalo (Krzemieńska 1981, 93–94). Hrnčíři byli navíc v konkurenci s ostatními řemesly, co se týče získávání zdrojů palivového dříví, zejména pokud byli soustředěni do větších výrobních okrsků kolem měst. Získávání dřeva mohlo být navíc omezovalo vrchnostenskými regulacemi.

Antrakologické analýzy uhlíků a dřev ze středověkých hrnčířských pecí ve Francii ukazují na převahu užití tvrdého dubového nebo bukového dřeva, a až poté užití méně kvalitních měkkých dřevin – habr, jasan, lískový ořech nebo břiza (Thuillier et al. 2015, 130–132). Bohužel podobné analýzy u nás postrádáme, s výjimkou nálezů zbytků nespáleného topiva v podobě uhlíků objevených při výzkumu hrnčířské pece v Jihlavě, Křížové ulici č. 14, které byly určeny jako jedle bělokorá (Zatloukal 1998, 28). Palivové, zejména bukové, borové, smrkové a jedlové dřevo bylo hlavním zdrojem paliva do pecí až do moderní doby (Kaltenberger 2009, 261–262). Teprve v 18. a 19. století se objevovaly pokusy nahradit zdroj paliva dřevním uhlím, například u výrobců kamenin v Německu (Heege 2007, 91). Hrnčíři používali černé uhlí, které mělo větší výhřevnost než hnědé uhlí (Kaltenberger 2009, 262). Černým (kamenným) uhlím také topili u nás někteří hrnčíři na Chodsku před polovinou 19. století (Scheufler 1959, 54–55). Před rokem 1821 uhlím topila přibližně polovina českých továren na kameninu (Scheufler 1988, 55). Kolem poloviny 19. století bylo topení uhlím zavedeno i do porcelánek v Čechách (Poche 1954, 33, 42, 49; Hejdová–Mergl 2002, 24). Až v průběhu 20. století se přecházelo k muflovým plynovým, olejovým a elektrickým pecím, které umožňovaly rovnoměrnou a řízenou regulaci teplot (obr. 13:12; Hanykýř 2011, 102).

Transport nádob ke spotřebitelům

Transport nádob ke spotřebitelům znamenal rovněž značný energetický výdej, zejména pokud bylo nutné výrobky dopravit na vzdálenější trh. Někteří hrnčíři prodávali své výrobky přímo ze své dílny a z přistavených krámů, mnozí výrobci však dováželi nádoby na místní nebo regionální trh, a to buď sami, nebo prostřednictvím překupníků. V některých městech jsou doloženy přímo i hrnčířské trhy (Pražák 1961, 344; Kaltenberger 2007, 287; Pospíšilová 2010, 26–28, 40–41). Příklady z pozdně středověké Anglie ukazují, že hrnčíři často museli cestovat se svými výrobky na velkou vzdálenost, dosahující až několik desítek kilometrů (Moorhouse 1981, 110).

Při transportu bylo nutné zvážit přepravní vlastnosti nádob, tj. jejich křehkost, hmotnost a mechanickou odolnost, což mohlo představovat určitá omezení, pokud jednotlivci používali k přepravě nádob pouze svoji vlastní energii (Skibo 2013, 32–33; Santacreu 2014, 163). Z novověké ikonografie z konce 16. století z Německa známe například podomní prodejce, tzv. krosnaře („*Kraxenträger*“), kteří nesli na zádech nůši s pečlivě vyskládanými nádobami. Váha nůši se mohla pohybovat až do 40 kg, což svědčí o přepravě na kratší vzdálenost. Kromě nůši sloužily k přepravě na blízký trh také nejrůznější ruční dvoukolové vozíky, trakaře a sáně (např. Pražák 1961, 345–346; Kaltenberger 2009, 287–290, Abb. 465–467).

Na větší vzdálenost byly také využívány „prodlužovače energie“ – energie tažných zvířat, která zároveň umožnila přepravu keramiky na vozech i na delší vzdálenost (Kaltenberger 2009, 288–292). Ojedinelé zmínky z konce 15. století ve statutech novoměstských a staroměstských hrnčířských cechů informují o zákazu „vození“ výrobků přespolních venkovských hrnčířů na pražský městský trh (Žegklitz 2002, 89–93). Na vozech mohlo být dopravováno velké množství keramiky. Jako izolační materiál, který bránil poničení výrobků, se používala sláma (Žegklitz 2002, 96).

Ojedinelá zmínka z roku 1612 informuje o habánském hrnčíři Dionysovi ze Žerotína, který choti markraběte Jana Jiřího Krnovského poslal povoz „vrchovatě naložený bílým nádobím“, pro jehož dopravu bylo potřeba dvou párů koní (Černohorský 1941, 65). Vyobrazení hrnčířského vozu (tzv. *Dippewagen*) plně naloženého vyskládanými nádobami obloženými slámou je známo z 19. století z Porýní (např. Kaltenberger 2009, 396, Abb. 463). Na převoz keramiky si mohli hrnčíři půjčovat potahy od sousedních sedláků (Juračková 1984, 54; Kaltenberger 2009, 290).

K dopravě nákladu s nádobami mohla být využita i vodní energie. Například lodě a vory sloužily jako dopravní prostředky pro přepravu keramiky na Dunaji mezi Lincem a Vídní již ve 13. století (Felgenhauer-Schmiedt 1984, 22). Keramika se běžně transportovala na vodě v Porýní nebo po splavných kanálech Nizozemí (např. Kaltenberger 2009, 287). Německé kameniny, ale i další druhy keramického zboží, se již od středověku přepravovaly na lodích z přístavů do zemí ležících při Severním a Baltském moři. Obchod se výrazně zintenzivnil během 16. a 17. století, což je doloženo i nálezy vraků lodí (Gaimster 1997; 2006). Anglické kameniny (*creamware*) a kostní porcelán se dovážely na lodích do Severní a Jižní Ameriky, což dokládá jistou globalizaci obchodu (Barker–Majewski 2006, 223–224).

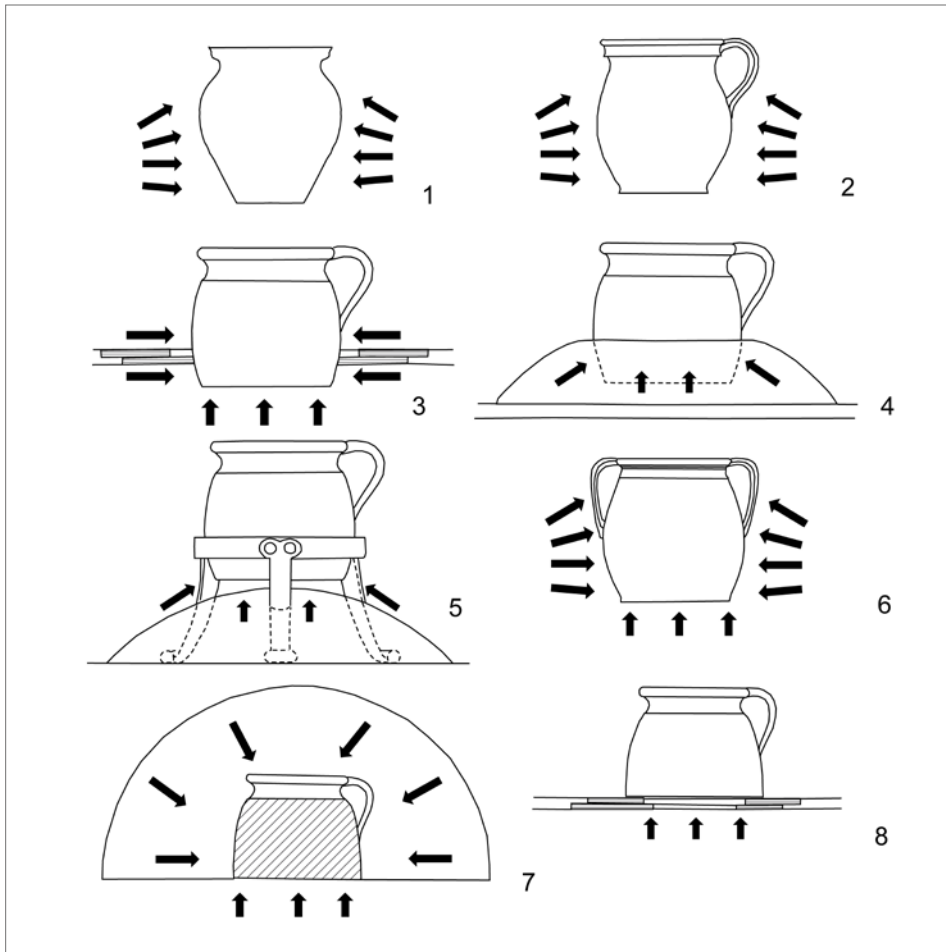
V českých zemích lze předpokládat podobnou dopravu keramiky pouze po splavných úsecích řek Vltavy a Labe. Ojedinelé zmínky informují o dopravě zboží berounských hrnčířů na vorech po Vltavě do Prahy. Novoměstská statuta z roku 1612 hovoří o překupnících, kteří zboží „do měst pražských i krom jarmarkův vozí, nosí i plaví“ (Žegklitz 2002, 96). Z berní ruly máme informace o dvou hrnčířích ze Štěchovic, kteří „do Prahy k jarmarkům hrnce sobě plují“ (BR 26, s. 107).

Až ke konci 19. století začali hrnčíři k dopravě keramiky více využívat železnici, kterou dopravovali prostřednictvím překupníků nádoby na značnou vzdálenost i do sousedních zemí. Železniční vlečky byly přistavěny přímo k některým velkým továrnám na porcelán (Hejdová–Mergl 2002, 33). Ve 20. století se pak začalo více využívat také nákladních aut (Pražák 1961, 346–347; Kaltenberger 2009, 287, 291).

Užití nádob

Keramiku lze považovat za věc, která má význam z hlediska úspory času a energie projevující se zejména při vaření pokrmů a při jejím celkovém používání – konzumpci (např. Hodder 2016, 119). Neměli bychom proto opomenout důležitou funkci nádob jako prostředků k dodání nutričních a kalorických živin a tekutin, a tudíž i energie lidskému tělu. Oproti nádobám z jiných materiálů, žáruvzdorné vlastnosti keramiky umožňují přímý a trvalý ohřev vody a jídla. Vaření v keramických nádobách usnadňuje tepelné zpracování potravin, které je činí stravitelnějšími a chutnějšími tím, že omezují teplotu vaření na 100 °C. Zároveň zabraňují karbonizaci povrchu potravin a nadměrné ztrátě vody. Používání keramiky umožnilo zvýšit tok biologicky potřebných složek a energie z prostředí zpět k člověku (Arnold 1985, 16, 128). Lidské tělo lze považovat za zásobník či konvektor potravní energie (např. Krzemieńska 1974, 139–140; Smetánka 1989, 43–44). Keramiku lze chápat jako prostředek k jejímu dodání – energie z ohně akumulovaná v hrnci se přesouvá do jeho obsahu, a poté do člověka jako součást potravy (srov. Hodder 2012, 44).

Při samotném používání nádob docházelo k působení řady vnějších energií. Při vaření v domácích topeništích a ohništích byly nádoby vystavovány působení *tepelné energie*. Z fyzikálního hlediska jde o přenos tepla z jednoho teplejšího tělesa do druhého chladnějšího tělesa pomocí neustálého, neuspořádaného a rychlého pohybu atomů a molekul uvnitř těles do té doby, než se teploty obou těles vyrovnají (Santacreu 2014, 156–157; Coumo di Caprio 2017, 323). Teplo čili tepelná energie se v případě vaření (ohřevu nádob) přenáší *sáláním/radiací*. Účinnost ohřevu a tepelná vodivost byla ovlivněna složením keramiky (charakterem ostřiva), její permeabilitou (propustností), a také jejími formálními vlastnostmi, zejména tvarem, tloušťkou stěny nebo povrchovou úpravou (Schiffner 1990, 373–381; Santacreu 2014, 156–157; Hein–Müller–Kilikoglou 2015, 50–51). Pro lepší účinnost ohřevu mohly být používány některé specifické druhy ostřiva



Obr. 15. Ergonomie hrncovitých nádob podle způsobu radičního ohřevu. 1 – boční ohřev (středověký bezúchý hrnec); 2 – boční ohřev (novověký hrnec s uchem – špidlák); 3 – plotnový ohřev (hrobcový hrnec); 4 – kontaktní ohřev v hrobci popela (hrobcový hrnec); 5 – radiční ohřev na vyvýšené trojnožce nad hrobcem popela (hrobcový hrnec); 6 – radiční boční a spodní ohřev (dvojúchý hrobcový hrnec); 7 – ohřev v pecní dutině (pecní hrnec); 8 – ohřev na plotně sporáku (pecní hrnec). Podle Štajnochr 2004, upravil L. Čapek.

Abb. 15. Ergonomie von Topfgefäßen nach Art der Wärmestrahlung. 1 – seitliche Erhitzung (mittelalterlicher henkelloser Topf); 2 – seitliche Erhitzung (neuzeitlicher Topf mit Henkel – Špidlák); 3 – Plattenerhitzung (Schlackentopf); 4 – Kontakt-erhitzung in der Schlackenasche (Schlackentopf); 5 – Strahlungserhitzung auf einem erhöhten Dreifuß über der Schlackenasche (Schlackentopf); 6 – seitliche und untere Strahlungserhitzung (zweihenkliger Schlackentopf); 7 – Erhitzung im Ofenhohlraum (Ofentopf); 8 – Erhitzung auf einer Herdplatte (Ofentopf). Nach Štajnochr 2004, bearbeitet von L. Čapek.

(např. Whitebread 2015, 28–36). U nás se v této souvislosti někdy hovoří o grafitu v případě středověké keramiky (Fusek–Spišiak 2005, 291). K lepšímu přenosu a vedení tepelné energie byly nádoby ergonomicky přizpůsobovány s ohledem na zdroje ohřevu (obr 15; srov. Štajnochr 2004).

Keramik je ale považována za špatný vodič tepelné energie a náhlé změny teploty způsobují rozdílné zahřívání podél stěn nádoby. Například vnější okraj nádoby se ohřívá a ochlazuje rychleji než vnitřní okraj, dochází také k mírnému zpoždění v přenosu teploty nádobou. Čím větší je zpoždění v distribuci tepla podél keramického tělesa, tím větší je teplotní rozdíl mezi různými body stěny nádoby (Santacreu 2014, 151). Složení keramické hmoty, druhy ostřív, charakter pórů, jejich morfologie a uspořádání ovlivňují (až již pozitivně nebo negativně) účinnost vnější tepelné

energie (např. Tite 2008, 224). Velmi porézní keramika nebo keramika bohatší na organické příměsi vyžaduje více času a energie na zahřátí svého obsahu. Keramika s množstvím neplastických minerálních příměsí má naopak vysokou tepelnou účinnost při ohřevu (Santacreu 2014, 157–158; Skibo–Schiffer 1987, 605–605).

Kromě tepelné energie byly nádoby vystaveny působení *mechanické energie*. S keramikou bylo často manipulováno při jejím přenášení z jednoho místa na druhé, a proto byla její mechanická odolnost klíčovým požadavkem (např. Skibo 2013, 41). Odolnost keramiky proti nárazu (mechanickému namáhání) úzce souvisí s účinky energií, tj. schopností odolávat mechanické energii. Odolná keramika je schopna lépe odolat prudkým, náhlým úderům. Přenášena mechanická energie se rychle distribuuje a její účinky se snižují (Cuomo di Caprio 2017, 94).

Mechanická odolnost byla ovlivněna složením keramické hmoty. Nádoby se středním množstvím neplastických minerálních příměsí mají lepší odolnost a schopnost absorbovat energii nárazu, aniž by došlo k prasknutí. Také keramika s jemnozrnnou strukturou má větší odolnost vůči mechanickým ořesům než keramika s velkým množstvím příměsí (Santacreu 2014, 160; srov. Bronitsky–Hamer 1986; Skibo–Schiffer 1987, 607). Experimentálně bylo zjištěno, že vliv na odolnost keramiky vůči otěru (abrazi) má také charakter povrchové úpravy (Skibo–Butts–Schiffer 1997).

Některé druhy nádob mohly vykazovat sníženou odolnost vůči mechanickému namáhání. Například konvice s třmenovým uchem, rozšířené u nás kolem poloviny 13. století, byly méně odolné vůči mechanickému namáhání při manipulaci a transportu, což často vedlo k odlomení třmenového ucha. Malá mechanická odolnost mohla být důvodem, proč se tyto konvice jako tvar keramiky neujaly a byly nakonec funkčně nahrazeny džbány (Klápště 1998, 147–150).

Závěr a diskuse

Tradiční evolucionisté v čele s L. Whitem deterministicky předpokládali, že vývoj technologií je součástí obecného civilizačního pokroku a neustále směřuje od jednodušších forem ke složitějším. Se zvyšující se účinností instrumentálních prostředků byla předpokládána tendence využívat stále větší množství energie (White 1949, 374–375). Tento zjednodušující pohled na vývoj technologií byl později zpochybněn. Již A. Leroi-Gourhan upozorňoval na to, že výrobní tendence a inovace, působící ve smyslu určitého evolučního vývoje jako „motor“ změny, mají zároveň potenciál šetřit lidskou energií (Leroi-Gourhan 1973; srov. Cresswell 1996, 21). Změny a inovace ve vývoji technologií a technik mohou směřovat kontinuálně, diskontinuálně či skokově dopředu s různou dynamikou a evoluční trajektorií, tj. s vlastními pravidly vnitřní evoluce, a tudíž i různými energetickými nároky (např. Roux 2003, 10; 2009, 218).

Archeologické a etnoarcheologické příklady varují před přílišným zobecňováním a neplatí univerzálně, že změny a inovace v technologiích a technikách měly vždy za cíl zlepšit – zefektivnit výrobu včetně snížení její energetické náročnosti (např. Gosselain 2018, 6). Vynalézání a inovace lze chápat jako proces, který vyžadoval během experimentování a zavádění do praxe jisté vstupní náklady z hlediska investovaného času a energie. Až po určitém etablování, osvojení a rozšíření technologie ve společnosti se zpravidla projevila snaha o snížení energetických nákladů (Fitzhugh 2001, 129).

Archeologické studie zabývající se technologiemi často posuzují pouze materiální aspekty a pozornost věnují především nástrojům a výrobním zařízením. Některé technologie jsou označovány jako „jednoduché“ kvůli relativní jednoduchosti nástrojů bez ohledu na znalosti a/ nebo energii, která je nutná k úspěšnému dokončení výrobního procesu. I zdánlivě jednoduchá technologie může být spojena s komplexními znalostmi (Costin 2001, 289)

Na hrnčírskou výrobu, stejně jako na jakoukoliv jinou technologii, můžeme nahlížet ze systémové a evoluční perspektivy sledující všechny části výrobního/operačního řetězce. Díky přístupu *chaîne opératoire* můžeme dobře sledovat vývojové změny v jednotlivých etapách, fázích a postupech výrobní sekvence a pozorovat jejich proměny v dlouhodobé časové perspektivě (srov.

Roux 2019). Evoluce ve vývoji keramiky se nejvíce projevuje v technikách výroby (od ručního hnětení po vytáčení z jednoho kusu hlíny), v konstrukcích hrnčírských kruhů (od ručního kruhu po rychloobrátkové kruhy) a vypalovacích zařízení (od výpalu v jámě po výpal v elektrifikovaných pecích). Tyto technologické změny a inovace jdou ruku v ruce s proměnou energetických nároků.

Při studiu energií bychom si měli klást kvalifikované otázky související s pojmy, jako jsou *efektivita*, *investice* a *intenzita výroby*, které by měly zároveň patřit mezi důležité sledované nejen ekonomické, ale i energetické parametry. Jedná se o parametry, které by měly lépe vysvětlit změny ve složitosti výroby a jejím způsobu organizace, a také pomoci učinit si představu o relativním odhadu náročnosti práce (energie) a času (např. Costin 1991; 2001; 2005; srov. Arnold 2008, 9).

Efektivita představuje měřítko hospodárného chování a týká se vztahu mezi vstupem a výstupem, zhodnocující relativní množství vstupního času, práce (energie), surovin a výrobků na jednotku výstupu (výrobu jedné keramické nádoby). Míra efektivity je ovlivněna způsobem organizace výroby, samotnou technologií, ale i pracovními návyky jednotlivců (Costin 2001, 289; Arnold 2008, 9).

V zásadě můžeme rozlišit dvě rozdílné strategie v rámci efektivity: první zahrnuje maximalizaci výstupu na jednotku vstupu a druhá zahrnuje minimalizaci vstupů na jednotku výstupu. Účinnost efektivity je často spojena s rychlostí výrobní techniky/technického úkolu – účinnější výrobní technika produkuje více nádob na jednotku vstupu (času, práce – energie, surovin) než jiná, méně účinná technika. Efektivita je často spojována se specializovanou výrobou s předpokladem, že čím je výroba efektivnější (s nízkými vstupními náklady), tím musí být více specializovaná. Ve skutečnosti ale efektivita nepředstavuje a priori měřítko konkrétní úrovně organizace nebo typu výroby (srov. Costin 1991, 37–39; 2001, 289; srov. Arnold 2008, 9). Výrobky závislých specialistů pracujících pro elitní prostředí nebo instituce mohou být méně efektivněji vyrobené než výrobky nezávislých specialistů pracujících v rámci tržního prostředí, kde je jejich výroba vázána na konkurenci (Costin 2005, 1073–1074). Konkurenční tlak zpravidla vede k vyšší efektivitě výroby; čím větší je konkurence, tím více energie je investováno do výroby nádob (Costin 2005, 1067; srov. Feinman et al. 1984, 298–301).

Viditelným projevem efektivity může být standardizace, tj. technologická a tvarová unifikace hrnčírských výrobků (Rice 1987, 184). Dílenské výrobky specializovaných hrnčírů by měly vykazovat nižší spotřebu energie, protože „sériová výroba“ zároveň směřuje k vyšší účinnosti (Costin–Hagstrum 1995, 620, 629). Neplatí to ale zcela univerzálně. Flexibilní výrobní techniky, které vytvářejí „standardní produkty“, mohou být velmi náročné na práci. Standardizace a energetický výdej nemusí spolu vždy nutně souviset (Costin 1991, 39).

Efektivitu výroby a jednotlivého technického úkolu lze dobře měřit pomocí různých ukazatelů zohledňujících parametry, jako jsou počet vyrobených objektů nebo doba trvání práce, a lze ji analyzovat nezávisle na záměru (záměrech) subjektu. Může se však ukázat, že zatímco jedna technika může být rychlejší než jiná, důvodem jejího používání nemusí být touha ušetřit čas a energii, ale to, že je vhodnější pro dané vlastnosti úkolu (Roux 2003, 10; srov. Rice 1996).

Investice, často nesprávně zaměňována za efektivitu, odráží výrobní náklady a energii měřenou časem stráveným výrobou určitého typu zboží (Costin–Hagstrum 1995, 621–622; Costin 2005, 1068). Výroba různých typů nádob vyžadovala různou míru investic. Míru investic do výroby ovlivňovaly použité suroviny, ale i složitost technik tváření v závislosti na velikosti nádoby. Při posuzování investic do práce je důležité sledovat energetiku celé výrobní sekvence, a je nezbytné pochopit jednotlivé výrobní fáze (Costin 2001, 290–291). Rozdíly v míře investic do energií lze spatřovat i v rámci organizace výroby. Výrobci, kteří se primárně věnují pouze výrobě nádob, investují více času a energie než jiní, nespecializovaní výrobci, u nichž je výroba keramiky na částečný úvazek a jako doplněk k dalším pracovním činnostem (srov. Balfet 1984). Konkurence mezi výrobci pozitivně koreluje s energetickými investicemi: čím větší je konkurence, tím více energie je do nádob investováno (Feinman et al. 1984, 298–301). Vysoké nebo nízké technické investice ale nelze vždy považovat za spolehlivé kritérium pro rozlišení

specializované nebo podomácké výroby. Specializovaní hrnčíři mohou vyrábět keramiku vyžadující malé energetické investice, kdežto nespécializovaní mohou vyrábět keramiku vyžadující vysoké investice (Roux 2019, 284).

Investice do energií se mohou lišit podle zamýšlených uživatelů (srov. Sinopoli 1991, 146). Běžná keramika vyráběná pro všeobecnou spotřebu vyžadovala zpravidla nižší vstupní investice než prestižní „luxusní“ keramika s vyšší přidanou hodnotou vyráběná specializovanými výrobci pro elitní prostředí, neboť často k její výrobě byly potřebné dražší nebo hůře dostupné suroviny, či se jednalo o keramiku se složitými výzdobnými motivy, které kódovaly více sociálních informací a symbolů (Costin–Hagstrum 1995, 621; Costin 2001, 215–216; 2005, 1073; srov. Brumfiel–Earle 1987, 3–5). Poptávka uživatelů po kvalitních výrobcích vyžadovala zpravidla větší investice, včetně energetického výdeje, do získání kvalitních surovin, materiálů a výstavby nových výrobních zařízení. Snaha výrobců byla nepochybně minimalizovat vstupní náklady a investice, stejně jako energetickou náročnost, a to například využitím dopravních prostředků k transportu surovin/výrobků (kolové vozíky), různých mechanických zařízení (kruhy s rotační kinetickou energií, mlýny na hlínu, ostřívo a glazury) nebo lepším využitím tepelné energie v modifikovaných konstrukcích hrnčířských pecí. Zavedení těchto inovací snížilo postupně pracovní a energetickou náročnost výroby, na druhé straně ale mohly vzrůst jiné náklady, například tím, že k tažení kolových vozíků byla potřebná domácí zvířata, která vyžadovala investice do péče o ně (srov. Hodder 2012, 216).

Intenzita je měřítkem vstupní práce, tj. představuje relativní množství času, který jednotliví výrobci věnují výrobě nádob ve srovnání s jinými úkoly. Intenzita úzce souvisí se stupněm organizace výroby (Costin 2001, 280). U specializovaných výrobců, pro něž je výroba keramiky jediným zdrojem obživy, lze předpokládat vyšší intenzitu než u podomáckých výrobců, kteří vyrábějí keramiku na částečný úvazek, u nichž je hrnčířská výroba doplňkem k dalším, například zemědělským činnostem (srov. Balfet 1984). Intenzita výroby (tj. vyšší pracovní nasazení) logicky vede k většímu objemu produkce, což obvykle znamená mechanizaci a rutinizaci výrobních postupů a dovedností, a tudíž i větší standardizaci výrobků (Sinopoli 1991, 144; Roux 2019, 276). Významný vliv na vyšší intenzitu výroby má i konkurence mezi výrobci (Feinman et al. 1984, 298–301). S rostoucí intenzitou výroby exponenciálně roste i objem energetických investic a energetického výdeje.

Efektivita, investice a intenzita jsou parametry, které jsou spolu úzce provázány. Měly by proto náležet k důležitým sledovaným ekonomickým a energetickým ukazatelům. Bohužel se při jejich studiu často opíráme pouze o etnoarcheologické a etnografické modely a analogie. Pro budoucí výzkum by bylo potřeba se cíleně zaměřit na energetickou náročnost hrnčířské výroby prostřednictvím simulovaných experimentů, které napodobují na základě dosavadních znalostí co možná nejpřesněji minulé technologické postupy (srov. např. Gandon et al. 2011; Gandon–Roux 2019). Simulované experimenty by měly přinést kvalitativní a kvantitativní referenční data týkající se výpočtů či odhadů nákladů (investic) pro jednotlivé fáze výroby a zohledňující další dva výše diskutované parametry – efektivitu a intenzitu. Sledované otázky by měly například být: Jaké množství surovin mohlo být získáváno a transportováno na danou vzdálenost? Jaký počet nádob a za jaký čas mohl vzniknout určitou technikou za použití různého otočného či rotačního zařízení? Kolik nádob, při jaké spotřebě paliva bylo možné vypálit za určitý čas na danou teplotu v konkrétním typu pece?

Experimentální archeologie může, spolu se studiem archivních pramenů, významně přispět k poznání celkové energetické bilance hrnčířské výroby, tedy oblasti, kterou lze považovat za dosud velmi málo prozkoumanou. Budoucí výzkum v oblasti studia energetiky hrnčířské výroby by měl v maximální míře využívat i současných poznatků z oblasti kybernetiky a biomechaniky a snahou by mělo být získání relevantních dat založených na výpočtu energetického výdeje, měřeného například v nutričních hodnotách v kilokaloriích (kcal) nebo kilojoulech (kJ) za jednotku času (h). Zatím ale příkladové studie na toto téma chybí, a to jak v domácí, tak zahraniční literatuře.

Prameny

- AGRICOLA, G., 1556: *De re Metallica*, libri XII. Basilej. Dostupné z: https://archive.org/details/georgiagri-colae00agri_cit.2.11.2023.
- BR 26: Berní rula. Sv. 26. Kraj Podbrdský (Hradecký, E., ed.). Praha 1952.
- PICCOLPASSO, C., 1557: *I tre libri dell'arte del vasajo*. Roma. Dostupné z: <https://collections.vam.ac.uk/item/O1321808/li-tre-libri-dellarte-del-manuscript-piccolpasso-cipriano/>, cit. 1. 11. 2023.

Literatura

- ALLIOS, D.–LAGARRIGUE, P., 2015: Archéologie expérimentale des fours à bois. In: *Tourner autour du pot ... Les ateliers de potiers médiévaux du ve au XIe siècle dans l'espace européen* (Thuillier, F.–Luis, E., edd.), 642–658. Caen.
- ARNOLD, D. E., 1985: *Ceramic Theory and Cultural Process*. Cambridge University.
- 1998: Andean Ceramic Technology: An ethnoarchaeological perspective. In: *Ceramic Production in the Andes: Technology, Organization, and Approaches* (Shimada, I., ed.), 353–367. Philadelphia.
- 2000: Does the standardization of ceramic pastes really mean specialization? *Journal of Archaeological Method and Theory* 7, 333–375. <https://doi.org/10.1023/A:1026570906712>
- 2005: Linking Society with the Compositional Analyses of Pottery: A Model from Comparative Ethnography. In: *Pottery Manufacturing Processes Reconstruction and Interpretation*. BAR International Series 1349 (Livinstone Smith, A.–Busquet, D.–Martineau, R., edd.), 15–21. Oxford.
- 2006: The threshold model for ceramic resources: A refinement. In: *Papers on the Social and Cultural Significance of Ceramics in Eurasia from Prehistoric to Historic Times*. BAR International Series 1553 (Gheorghiu, D., ed.), 3–9. Oxford.
- 2008: *Social Change and the Evolution of Ceramic Production and Distribution in a Maya Community*. Boulder.
- 2011: Ceramics theory and cultural process after 25 years, *Ethnoarchaeology* 3(1), 63–98. <https://doi.org/10.1179/eth.2011.3.1.63>
- BALETKA, L., 1990: Rajnochovická keramika, výrobní poměry a produkce v manufakturách na výrobu kameniny v Mikulůvce a na Lázech na Vsetínsku, *ČL* 77, 165–171.
- BARKER, D.–MAJEWSKI, T., 2006: Ceramic studies in historical archaeology. In: *The Cambridge Companion to Historical Archaeology* (Hicks, D.–Beaudry, M., edd.), 205–234. Cambridge. <https://doi.org/10.1017/CCO9781139167321.012>
- BALFET, H., 1984: Methods of formation and the shape of pottery. In: *The many dimensions of pottery* (van der Leeuw, S.–Pritchard, A., edd.), 171–198. Amsterdam.
- BENNETT, J., 2010: *Vibrant matter*. Durham. <https://doi.org/10.1215/9780822391623>
- BERG, I., 2020: The Potter's Wheel. In: *Encyclopedia of Global Archaeology* (Smith, C., ed.), 8830–8843. Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-030-30018-0_3443
- BĚHOUNKOVÁ, L., 2018: Příspěvek k problematice technologie výroby keramických nádob a její nomenklatury, *Studia Archaeologica Brunensia* 23, 5–28. <https://doi.org/10.5817/SAB2018-1-1>
- BLAŽKOVÁ, G., a kol. 2016: *Katalog hmotné kultury z renesančních odpadních jímek z Pražského hradu. Díl II. Studie*. Praha.
- BOČKOVÁ, Z., 2014: Bočková, Z.–Doležalová, K.–Kochan, Š.–Mazáčková, J.–Těsnohlídek, J., Experimentální výroba keramiky v Panské Lhotě – Experimentelle Herstellung von Keramik in Panská Lhota, *AH* 39, 119–137.
- BREARS, P., 1971: *The English country pottery, its history and techniques*. Newton Abbot.
- BRONITSKY, G., 1987: A computer-based system for measurements of thermal properties of archaeological ceramics, *Journal of Leiden Pottery Studies* 5, 87–92.
- BRONITSKY, G.–HAMER, R., 1986: Experiments in Ceramic Technology: The Effects of Various Tempering Materials on Impact and Thermal-Shock Resistance, *American Antiquity* 51(1), 89–101. <https://doi.org/10.2307/280396>

- BRZOBOHATÝ, V.–ŠPAČEK, L., 1983: Nález pozůstatků první pražské továrny na kameninu, SP XIII, 219–223.
- BRUMFIEL, M.–EARLE, T., 1987: *Specialization, exchange, and complex societies*. Cambridge.
- BUKO, A., 1990: *Ceramika wczesnopolska: Wprowadzenie do badań*. Wrocław.
- COSTIN, C. L., 1991: Craft Specialization: Issues in Defining, Documenting, and Explaining the Organization of Production, *Archaeological Method and Theory* 3, 1–56.
- 2001: Craft Production System. In: *Archaeology at the Millennium. A Sourcebook* (Feinman, M. G.–Price, T. D., edd.), 273–327. New York. https://doi.org/10.1007/978-0-387-72611-3_8
- 2005: Craft Production. In: *Handbook of Methods in Archaeology* (Maschner, H.–Chippindale, C., edd.), 1032–1105. Lanham.
- COSTIN, C. L.–HAGSTRUM, B. M., 1995: Standardization, Labor Investment, Skill, and the Organization of Ceramic Production in Late Prehispanic Highland Peru, *American Antiquity* 60, 619–639. <https://doi.org/10.2307/282046>
- COURTY, M. A.–ROUX, V., 1995: Identification of Wheel Throwing on the basis of Ceramic Surface Features and Microfabrics, *Journal of Archaeological Science* 22, 17–50. [https://doi.org/10.1016/S0305-4403\(95\)80161-8](https://doi.org/10.1016/S0305-4403(95)80161-8)
- CRESSWELL, R., 1996: *Prométhée ou Pandore? Propos de Technologie Culturelle*. Paris.
- CUOMO DI CAPRIO, N., 2017: *Ceramics in Archaeology. From Prehistory to Medieval times in Europe and the Mediterranean: Ancient Craftmanship and Modern Laboratory Techniques*. Roma.
- ČAPEK, L.–PREUSZ, M., 2019: Středověké a novověké hrnčířské pece v Čechách – kritické zhodnocení výpovědních možností studia – Mittelalterliche und neuzeitliche Töpferöfen in Böhmen – eine kritische Auswertung der Aussagemöglichkeiten von Studien, *AH* 44, 313–355. <https://doi.org/10.5817/AH2019-1-14>
- ČAPEK, L., a kol. 2022: *Vrcholně a pozdně středověká keramika v českých zemích. Výroba – Metody – Regionalizace – Interpretace*. Plzeň.
- ČERNOHORSKÝ, K., 1941: *Moravská lidová keramika*. Praha.
- DAVEY, P.–HODGES, R., (ed.) 1983: *Ceramic and Trade. The Production and Distribution of Later Medieval Pottery in Nord-West Europe*. Sheffield.
- DAWSON, D.–KENT, O., 2008: The development of the bottle kiln in pottery manufacture in Britain, *Post-Medieval Archaeology* 42(1), 201–226. <https://doi.org/10.1179/174581308X354056>
- DERNER, K.–VOLF, M., 2009: Objev torza hrnčířské pece a střeptišť v Chomutově, *Archeologické výzkumy v severozápadních Čechách* 2008, 171–181.
- DIETLER, M.–HERBICH, I., 1989: Tich Matek: The Technology of Luo Pottery Production and the Definition of Ceramic Style, *World Archaeology* 21(1), 148–164. <https://doi.org/10.1080/00438243.1989.9980096>
- DRUC, I., 2013: “What Is Local? Looking at Ceramic Production in the Peruvian Highlands and Beyond, *Journal of Anthropological Research* 69, 485–513. <https://doi.org/10.3998/jar.0521004.0069.404>
- FEINMAN, G. M.–KOWALEWSKI, S. A.–BLANTON, R. E., et al., 1984: Modeling ceramic production and organizational change in the Pre-hispanic Valley of Oaxaca, Mexico. In: *The many dimensions of pottery: Ceramics in archaeology and anthropology* (van der Leeuw, S.–Pritchard, A., edd.), 295–337. Amsterdam.
- FELGENHAUER-SCHMIEDT, S., 1984: Überblick über die mittelalterliche Keramik aus Wien. In: *Keramische Bodenfunde aus Wien. Mittelalter – Neuzeit*. Wien, 20–25.
- 2003: Keramik des 9. bis 12. Jahrhunderts in Ostösterreich. In: *Beiträge vom 34. Internationalen Hafner-Symposium auf Schloss Maresch in Bozen/Südtirol*. Nearchos 12 (Spindler, K.–Stadler, H., edd.), 35–44. Innsbruck.
- FITZHUGH, B., 2001: Risk and Invention in Human Technological Evolution, *Journal of Anthropological Archaeology* 20, 125–167. <https://doi.org/10.1006/jaar.2001.0380>
- FUSEK, G.–SPIŠIAK, J., 2005: Vrcholnostředověká grafitová keramika z Nitry-Šindolky, *SlArch* LIII, 265–336.
- GAIMSTER, D. R. M., 1997: *German Stoneware, 1200–1900: Archaeology and Cultural History*. London.
- 2006: *The Historical Archaeology of Pottery Supply and Demand in the Lower Rhineland, AD 1400–1800. An archaeological study of ceramic production, distribution and use in the city of Duisburg and its hinterland*. BAR International Series 1518. Oxford. <https://doi.org/10.30861/9781841719528>

- GANDON, E. et al., 2011: Gandon, E.–Pous, F.–Coyle, T.–Buloup, F.–Bootsma, R. J., Regulating rotation velocity in wheel throwing: Effects of mass and shape. In: *Studies in Perception and Action IX* (Charles, E. P.–Smart, L. J., edd.), 196–201. New York.
- GANDON, E.–ROUX, V., 2019: Cost of motor skill adaptation to new craft traits: Experiments with expert potters facing unfamiliar vessel shapes and wheels, *Journal of Anthropological Archaeology* 53, 229–239. <https://doi.org/10.1016/j.jaa.2019.01.004>
- GOSSELAIN, P., 2018: Pottery Chaînes Opératoires as Historical Documents. In: *Oxford Research Encyclopedia of African History*, 1–41. Oxford. <https://doi.org/10.1093/acrefore/9780190277734.013.208>
- GOSSELAIN, O. P.–LIVINGSTONE SMITH, A., 2005: The Source Clay Selection and Processing Practices in Sub-Saharan Africa. In: *Pottery Manufacturing Processes Reconstruction and Interpretation. BAR International Series 1349* (Livingstone Smith, A.–Busquet, D.–Martineau, R., edd.), 33–48. Oxford.
- GOŠ, V., 2007: Loštice. Město středověkých hrnčářů. Opava.
- GREGEROVÁ, M. a kol., 2010: Petroarcheologie keramiky v historické minulosti Moravy a Slezska. Brno.
- HANYKÝŘ, V., 2011: Keramika. Plzeň.
- HEEGE, A., 2007: Töpferöfen – Pottery kilns – Fours de potiers. Die Erforschung frühmittelalterlicher bis neuzeitlicher Töpferöfen (6.–20. Jh.) in Belgien, den Niederlanden, Deutschland, Österreich und der Schweiz. Basel.
- HEIN, A.–MÜLLER, N.–KILIKOGLU, V., 2015: Heating efficiency of archaeological cooking vessels: computer models and simulations of heat transfer. In: *Ceramics, Cuisine and Culture: The Archaeology and Science of Kitchen Pottery in the Ancient Mediterranean World* (Spataro, M.–Villing, A., edd.), 49–54. Oxford – Philadelphia.
- HEJDOVÁ, D.–MERGL, J., 2002: Slavkovský porcelán 1792–2002. Sokolov.
- HENDERSON, J., 2000: *The Science and Archaeology of Materials. An investigation of inorganic materials.* London – New York.
- HODDER, I., 2012: *Entangled. An Archaeology of the Relationships between Humans and Things.* Chichester.
- 2016: *Studies in human-thing entanglement.* Dostupné z: <https://www.ian-hodder.com/books/studies-human-thing-entanglement>, cit. 21. 11. 2023. <https://doi.org/10.1002/9781118241912>
- HOLUBOWICZ, W., 1950: Garncarstwo wiejskie zachodnich terenów Białorusi. Toruń.
- HLADÍK, B., 1988: Hrnčářství v Knínicích u Telče v první polovině 20. století, *Vlastivědný sborník Vysočiny, oddíl věd společenských* 6, 171–187.
- JANSSEN, W., 1987: Der technische Wandel der Töpferöfen von der Karolingerzeit zum Hochmittelalter, dargestellt anhand rheinischer Beispiele. In: *La céramique (Ve–XIXe s.). Fabrication – Commercialisation – Utilisation. Actes du premier congrès international d'archéologie médiévale* (Paris, 4–6 octobre 1985), 107–119. Caen.
- JAROŠOVÁ, L., 1981: Poslední hrnčiv v Ledenicích. Sborníček z prací členů Národopisného kroužku při jihočeském muzeu v Českých Budějovicích XXXVII. České Budějovice.
- JESSET, S., 2015: Les ateliers de potiers du haut Moyen Âge autour d'Orléans (Loiret): caractérisation, organisation et production. In: *Turner autour du pot... Les ateliers de potiers médiévaux du ve au XIIe siècle dans l'espace européen* (Thuillier, F.–Luis, E., edd.), 227–246. Caen.
- JERVIS, B., 2008: Pottery and Identity in Late Saxon Sussex, *Medieval Ceramics* 29, 1–8.
- JÍŘÍK, F. X., 1927: Týnecká kamenina. Vrtbovská a Lobkovická továrna v Týnci nad Sázavou. Praha.
- JURAČKOVÁ, Š., 1984: Výroba černé hrnčiny v Tupesích, *Slovácko* XXVI, 51–62.
- KALINOVÁ, A.–LESOVÁ, P.–KOMÍNKOVÁ, P., 2017: Příběh keramiky z Olomoučan. Blansko.
- KALTENBERGER, A., 2009: *Keramik des Mittelalters und der Neuzeit in Oberösterreich. Band I. Grundlagen.* Linz.
- KERKHOFF-HADER, B., 1996: Rheinische Töpferräder und Töpferscheiben im internationalen Vergleich. In: *Rheinische Töpferräder und Töpferscheiben im internationalen Vergleich* (Lütke, H.–Vossen, R., edd.), 225–258. Bonn.
- KERKHOFF-HADER, R., 2011: Parameter rheinischer Steinzeugöfen, *Beiträge zur Mittelalterarchäologie in Österreich* 27, 256–267.
- KLÁPŠTĚ, J., 1998: Die Anfänge der jüngeren mittelalterlichen Keramik in Böhmen als kulturhistorisches Problem, *AR L*, 138–158.

- KLÁPŠTĚ, J. a kol., 2002: Archeologie středověkého domu v Mostě (čp. 226). In: *Mediaevalia archaeologica* 4. Praha.
- KLOUŽKOVÁ, A. a kol., 2022: Příběh keramiky hradčanských paláců. Praha.
- KNAPPETT, C.–MALAFOURIS, L., 2008: Material and Nonhuman Agency: An Introduction. In: *Material Agency. Towards a Non-Anthropocentric Approach* (Knappett, C.–Malafouris, L., edd.), 9–19. Springer. https://doi.org/10.1007/978-0-387-74711-8_2
- KOCK, J.–SCHMIDT, L., 2001: Pottemagerier og pottemagerovne: etnologiske og etnografiske paralleller. In: *Middelalderlige pottemagerovne i Danmark: undersøgelse, rekonstruktion og fremlæggelse*. Hikuin 28 (Kock, J., ed.), 247–280.
- KOUCKÁ, A., 2016: Keramika a její dílenská, manufakturní a tovární produkce na Moravě od novověku po počátek 20. století. In: *Workshopy ke středověké a novověké keramice*. Panská Lhota 2015. *Dissertationes archaeologicae Brunenses/Pragensesque. Supplementum 3* (Měřinský, Z.–Klápště, J., edd.), 46–55. Brno.
- KONEČNÝ, M., 2003: Česká keramika. Rukověť keramického průmyslu v Čechách 1748–1948. Praha.
- KÖNIG, S. et al., 2011: König, S.–Krabath, S.–Krueger, T.–Huth, M.–Lieber, Ch., Fürstenberg und Meißen Archäologische Untersuchungen von Brennöfen der frühen europäischen Porzellanproduktion, Beiträge zur Mittelalterarchäologie in Österreich 27, 281–291.
- KRAJÍČ, R., 2007: Archaeology of the Post-Medieval period. The current state of research and research perspectives in Southern Bohemia, *Studies in Post-Medieval Archaeology* 2, 57–96.
- KRAMER, C., 1985: Ceramic Ethnoarchaeology, *Annual Review of Anthropology* 14, 77–102. <https://doi.org/10.1146/annurev.anthro.14.1.77>
- KRZEMIENSKA, B., 1974: Energetická situace na prahu vrcholného středověku. In: *Dějiny vědy a techniky v Československu do konce 18. století* (Nový, L. a kol.), 139–148. Praha.
- 1981: Einige Bemerkung zur Energetische Situation and der Schwelle des Hochmittelalters: die Wärmeenergie. In: *Acta historiae rerum naturalium necnon technicarum. Special Issue* 16, 87–124. Prague.
- 1984: Einige Bemerkungen zur energetischen Situation an der Schwelle des Hochmittelalters: die Wärmeenergie. In: *Energy in History* (Purš, J., ed.), 7–44. Prague.
- KYBALOVÁ, J., 1993: Kamenina v Čechách a na Moravě. Praha.
- 2000: Vranovská továrna v obraze evropské produkce. In: *Vranovská kamenina. Sborník z mezinárodní konference k 200. výročí založení vranovské továrny na kameninu 1999*, 20–27. Brno.
- LAMOTTA, V. M.–SCHIFFER, M. B., 2001: Behavioral Archaeology – Toward a New Synthesis. In: *Archaeological Theory Today* (Hodder, I., ed.), 14–64. Cambridge.
- LANDSFELD, H., 1950: Lidové hrnčířství a džbánkařství. Praha.
- LEMONNIER, P., 1992: Elements for an Anthropology of Technology. University of Michigan Museum of Anthropological Archaeology. <https://doi.org/10.3998/mpub.11396246>
- LEROI-GOURHAN, A., 1973: Evolution et techniques II – Milieu et techniques 2. Paris.
- LETERME, C., 2008: Töpferräder und Töpferscheiben: archäologische Befunde und zeitgenössische Abbildungen. In: *Soester Beiträge zur Archäologie* 9. Archäologie und mittelalterliches Handwerk – Eine Standortbestimmung. Beiträge des 10. Kolloquiums des Arbeitskreises zur archäologischen Erforschung des mittelalterlichen Handwerks, 157–168. Soest.
- LIVINGSTONE SMITH, A., 2007: Chaîne opératoire de la poterie. Références ethnographiques, analyses et reconstitution. Tervuren.
- MACKŮ, P., 2016: Experimentální výroba a užívání obtáčené keramiky. In: *Workshopy ke středověké a novověké keramice Panská Lhota 2015. Dissertationes archaeologicae Brunenses/Pragensesque. Supplementum 3* (Měřinský, Z.–Klápště, J., edd.), 82–89. Brno.
- 2021: Výroba a výpal grafitových keramických nádob se zaměřením na zásobnice pohledem experimentu, *AT* 32, 65–79.
- MALAFOURIS, L., 2008: At the Potter's Wheel: An Argument for Material Agency. *Material Agency*. In: *Towards a Non-Anthropocentric Approach* (Knappett, C.–Malafouris, L., edd.), 19–36. Springer. https://doi.org/10.1007/978-0-387-74711-8_2
- 2013: *How Things Shape the Mind A Theory of Material Engagement*. Cambridge. <https://doi.org/10.7551/mitpress/9476.001.0001>

- MERVA, S., 2016: „Rejtélyes bélyegű cserépedények“. Adatok a kislalföldi kora középkori grafitos kerámia kutatásához. A legújabb archaeometriai vizsgálatok eredményei. In: Népek és kultúrák a Kárpát-medencében. Tanulmányok Mesterházy Károly tiszteletére (Kovács, L.–Révész, L., edd.), 521–541. Budapest.
- MEYER, H., 1927: *Böhmisches Porzellan und Steingut*. Leipzig.
- MĚŘÍNSKÝ, Z., 1983: K problematice archeologického výzkumu řemeslné výroby 10. až první poloviny 16. století na Moravě a ve Slezsku – Zur Problematik archäologischer Untersuchungen der handwerklichen Produktion von 10. bis in die erste Hälfte des 16. Jh. in Mähren und Schlesien, *AH* 8, 41–72.
- MICHELAKI, K.–BRAUN, G. V.–HANCOCK, R. G. V., 2015: Local Clay Sources as Histories of Human-Landscape Interactions: A Ceramic Taskscape Perspective, *Journal of Archaeological Method and Theory* 22, 783–827. <https://doi.org/10.1007/s10816-014-9204-0>
- MILLER, M. L. H., 2009: *Archaeological Approaches to Technology*. London – New York.
- MOORHOUSE, S., 1981: The medieval pottery industry and its markets. In: *Medieval Industry*, CBA Research Report 40 (Crossley, D. W., ed.), 96–125. London.
- MUSIL, J., 2015: Hrnčířské podložky z Chrudimi, *Acta Fakulty filozofické Západočeské univerzity* 7, č. 2, 173–191.
- NEWELL, R. W., 1998–1999: Reduction and Oxidation in English Medieval Kiln Practice, *Medieval Ceramics* 22–23, 124–134.
- NOVOTNÁ, J., 2000: Poznámky k dějinám vranovské továrny. In: *Vranovská kamenina*. Sborník z mezinárodní konference k 200. výročí založení vranovské továrny na kameninu 1999, 8–19. Brno.
- NOVOTNÝ, A., 1949: *Pražský porcelán*. Praha.
- NOVÝ, L. a kol., 1974: *Dějiny vědy a techniky v Československu (do konce 18. století)*. Praha.
- OKEWU, J., 2014: Manual Potter's Wheel Efficiency in Ceramics Production in Nigeria, *IOSR Journal of Humanities and Social Science* 19(2), 1–5. <https://doi.org/10.9790/0837-19250105>
- ORTON, C.–HUGHES, M., 2013: *Pottery in Archaeology*. Cambridge (second edition). <https://doi.org/10.1017/CBO9780511920066>
- PAJER, J., 2007: Archaeological excavations of Anabaptist ceramics in Moravia. In: *Studies in Post-Medieval Archaeology* 2, 227–250. Prague.
- PAJER, J., 2021: Sídla novokřtěnců na Moravě. Strážnice.
- PLEINER, R., 1988: Brennvseruche in einem nachgebildeten slawischen Töpferofen, *SlArch* XXXVI, 299–307.
- POCHE, E., 1954: *Český porcelán*. Praha.
- POOL, C. A., 2000: Why a kiln? Firing technology in the Sierra de Los Tuxtlas, Veracruz (Mexico), *Archaeometry* 42, 61–76. <https://doi.org/10.1111/j.1475-4754.2000.tb00866.x>
- POSPÍŠILOVÁ, A., 2010: Řemeslo čtyř žvlů – příspěvek k dějinám kutnohorských hrnčičů 1400–1900. Kutná Hora.
- PRAŽÁK, V., 1961: Technologie hrnčičské výroby v Kunštátě, *Československá etnografie* IX, 16–58, 113–134, 235–237.
- PROCHÁZKA, R., 2015: Mittelalterliche Töpferöfen in Mähren. In: *Der Töpfern auf der Spur – Orte der Keramikherstellung im Licht der neuesten Forschung* (Grunwald, L., ed.), 215–224. Mainz.
- QUINN, P. S., 2013: Ceramic Petrography – The Interpretation of Archaeological Pottery and Related Artefacts in Thin Section. Oxford. <https://doi.org/10.2307/j.ctv1jk0jf4>
- RADA, P., 1990: *Techniky keramiky*. Praha.
– 1956: *Kniha o technikách keramiky*. Praha.
- RICE, P., 1984: The archaeological study of specialized pottery production: Some aspects of method and theory. In: *Pots and Potters: Current Approaches in Ceramic Archaeology* (Rice, P., ed.), 45–54. Los Angeles.
– 1987: *Pottery Analysis. A Sourcebook*. Chicago – London.
- RICE, P. M., 1996: Recent Ceramic Analysis: 1. Function, Style, and Origin, *Journal of Archaeological Research* 4(2), 133–163. <https://doi.org/10.1007/BF02229184>
- RICHTER, M., 1982: *Hradištko u Davle. Městečko ostrovského kláštera*. Praha.
- RICHTER, M.–KRAJČ, R., 2001: *Sezimovo Ústí. Archeologie středověkého poddanského města 2. Levo- břežní předměstí – archeologický výzkum 1962–1988*. Praha – Sezimovo Ústí – Tábor.

- ROGIER, M., 2015: *Mittelalterliche nachgedrehte Keramik Überlegungen zur Definition, Bestimmung und Interpretation am Beispiel Baden-Württemberg*. Tübingen.
- ROUX, V., 2003: *Dynamic Systems Framework for Studying Technological Change: Application to the Emergence of the Potter's Wheel in the Southern Levant*, *Journal of Archaeological Method and Theory* 10, 1–30. <https://doi.org/10.1023/A:1022869912427>
- 2009: *Technological Innovations and Developmental Trajectories: Social Factors as Evolutionary Forces*. In: *Systems: Contributions from Evolutionary Anthropology* (O'Brien, J. M.–Shennan, J. S., edd.), 217–233. The MIT Press. <https://doi.org/10.7551/mitpress/8102.003.0019>
- 2019: *Ceramic and Society. A Technological Approach to Archaeological Assemblages*. Springer. <https://doi.org/10.1007/978-3-030-03973-8>
- ROUX, V.–COURTY, M. A., 1998: *Identification of Wheel-fashioning Methods: Technological Analysis of 4th–3rd Millennium BC Oriental Ceramics*, *Journal of Archaeological Science* 25, 747–763. <https://doi.org/10.1006/jasc.1997.0219>
- RYE, O., 1981: *Pottery Technology: Principles and Reconstruction*. Washington.
- RZEŹNIK, P., 1995: *Frühmittelalterliche Töpfertechniken im Lichte der Keramik von der Dominsel zu Wrocław*. In: *Slawische Keramik in Mitteleuropa vom 8. bis zum 11. Jahrhundert. Terminologie und Beschreibung*. Internationale Tagungen in Mikulčice II (Poláček, L., ed.), 65–78. Brno.
- SANTACREU, D. A., 2014: *Materiality, Techniques and Society in Pottery Production. The Technological Study of Archaeological Ceramics through Paste Analysis*. Warsaw – Berlin. <https://doi.org/10.2478/9783110410204>
- SCHEUFLER, V., 1959: *Dějiny chodské keramiky*. Plzeň.
- 1964: *Tvrdé kameniny v české lidové kultuře*, ČL 51, 348–357.
- 1972: *Lidové hrnčířství v českých zemích*. Praha.
- 1988: *Vztahy rukodělné a průmyslové keramiky*. In: *Průmysl a technika v novodobé české kultuře*, 53–58, 273–274. Praha.
- 1993: *Dílna na výrobu porcelánu ve Ždánově (1864–1914)*. In: *Sborník Západočeského muzea v Plzni – řada Historie X*, 76–80. Plzeň.
- SCHEUFLER, V.–PLICKOVÁ, E., 1966: *Lidová hrnčina v Československu*. Uherské Hradiště.
- SCHIEDEMANTEL, D.–SCHIFER, T., 2005: *Waldenburger Steinzeug, Archäologie und Naturwissenschaften*. In: *Veröffentlichungen des Landesamtes für Archäologie mit Landesmuseum für Vorgeschichte. Band 44* (Oexle, J., ed.). Dresden.
- SILLAR, B.–TITE, M., 2000: *The challenge of 'technological choices' for materials science approaches in archaeology*, *Archaeometry* 42(1), 2–20. <https://doi.org/10.1111/j.1475-4754.2000.tb00863.x>
- SCHARRER-LIŠKA, G., 2007: *Die Hochmittelalterliche Grafiteramik in Mitteleuropa und ihr Beitrag zur Wirtschaftsgeschichte: Forschungsstand – Hypothesen – Offene Fragen*. Verlag des Romisch-Germanischen Zentralmuseums. Mainz.
- SCHIFFER, M. B., 1990: *The Influence of Surface Treatment on Heating Effectiveness of Ceramic Vessels*, *Journal of Archaeological Science* 17(4), 373–381. [https://doi.org/10.1016/0305-4403\(90\)90002-M](https://doi.org/10.1016/0305-4403(90)90002-M)
- 1996: *Behavioral Archaeology. First Principles*. Salt Lake City.
- 1999: *The Material Life of Human Beings*. London – New York.
- 2010: *Behavioral Archaeology. Principles and Practise*. London – Oakville.
- SCHIFFER, M. B.–SKIBO, J. M., 1987: *Theory and experiment in the study of technological change*, *Current Anthropology* 28, 595–622. <https://doi.org/10.1086/203601>
- SCHREG, R., 2012: *Keramik des 9. bis 12. Jahrhunderts am Rhein. Forschungsperspektiven für Produktion und Alltag*. In: *Hochmittelalterliche Keramik am Rhein* (Grunwald, L.–Pantermel, H.–Schreg, R., edd.), 1–19. Mainz.
- SINOPLI, C. M., 1991: *Approaches to archaeological ceramics*. New York – London. <https://doi.org/10.1007/978-1-4757-9274-4>
- SKIBO, J., 2013: *Understanding Pottery Function*. New York – Heidelberg – Dordrecht – London. <https://doi.org/10.1007/978-1-4614-4199-1>
- SKIBO, J.–BUTTS, T. C.–SCHIFFER, M. B., *Ceramic Surface Treatment and Abrasion Resistance: An Experimental Study*, *Journal of Archaeological Science* 34, 311–317. <https://doi.org/10.1006/jasc.1996.0115>

- SKRUŽNÝ, L., 1974: Příspěvek k vývoji hrnčířských cechů a hrnčířských pracovních nástrojů, ČL 61, 155–175.
- SLAVÍČEK, K. a kol., 2020: Slaviček, K.–Petřík, J.–Těsnohlídková, K.–Všianský, D., Technologie a provenience vrcholně středověké keramiky z Počátek (okr. Pelhřimov), AVV 9, 83–101.
- SMETÁNKA, Z., 1989: K problému energetiky v období středověku (pracovní these) – Zum Problem der Energetik im Mittelalter (Arbeitsthesen), AH 14, 43–51.
- SNÁŠIL, R., 1970: Příspěvek k technologii pálené černé hrnčiny na Slovácku, ČL 57, 328–335.
- STEPHAN, H.-G., 1988: Steinzeug und Irdenware: Diskussionbeiträge zur Abgrenzung und Definition Mittelalterlicher Deutscher Steinzeuggruppen. In: Zur Keramik des Mittelalters und der beginnenden Neuzeit im Rheinland. British International Series 440 (Gaimster, D. M.–Redknap, M.–Wegner, H., edd.), 81–124. Oxford.
- ŠTAJNOCHR, V., 1990: Majoliky, mezzomajoliky a polofajánse ze sbírek národopisného oddělení historického muzea Národního muzea v Praze, ČNM A CLIX, 40–56.
- 1998: Archaické technologie tváření keramiky, AR L, 95–105.
- 2004: Hrnce pro tepelné zpracování pokrmů. Studia funkcí novověké keramiky, ASČ 8, 801–851.
- TĚSNOHLÍDKOVÁ, K., 2021: Technologie vrcholně a pozdně středověké keramiky. Hrnčířská produkce Českomoravské vrchoviny 13. a 1. poloviny 14. století. Dizertační práce obhájená na ÚAM FF MU, Brno.
- 2023: Analysis of pottery from Žďár nad Sázavou – Staré město with a focus on the technology of the assemblage, PV 63, č. 2, 61–109. <https://doi.org/10.47382/pv0632-01>
- THÉR, R.–GREGOR, M., 2011: Experimental reconstruction of the pottery firing process of late Bronze Age pottery from north-eastern Bohemia. In: Archaeological ceramics: A review of current research. BAR International Series 2193 (Scarcella, S., ed.), 128–142. Oxford.
- THÉR, R.–MANGEL, T., 2014: Inovace a specializace v hrnčířském řemesle v době laténské: model vývoje forem organizace výroby, AR LXVI, 3–39.
- THUILLIER, F., 2015: Contribution à l'étude des fours de potier médiévaux: proposition de classification des fours de potier du Ve au XIIe siècle en France. In: Tourner autour du pot... Les ateliers de potiers médiévaux du ve au XIIe siècle dans l'espace européen (Thuillier, F.–Luis, E., edd.), 583–596. Caen.
- TITE, M., 2008: Ceramic production, provenance and use – a review, Archaeometry 50(2), 216–231. <https://doi.org/10.1111/j.1475-4754.2008.00391.x>
- TYWONIAK, J., 1979: K počátkům výroby týnecké kameniny, Středočeský sborník historický 14, 215–220.
- VAN DER LEEUW, S. E., 1976: Studies in the Technology of Ancient Pottery 1–2. Amsterdam.
- VÁGNER, Z., 2002: Medieval pottery kilns in the Carpathian Basin, European Journal of Archaeology 5, 309–341. <https://doi.org/10.1179/eja.2002.5.3.309>
- VOLF, M., 2006: Archeologické doklady vrcholně a pozdně středověké hrnčířské výroby v Čechách. Bakalářská diplomová práce obhájená na Ústavu archeologie FF UK, Praha.
- VARADZIN, L., 2010: Hrnčířská výroba ve východní části středních Evropy 6.–13. století v archeologických pramenech, AR LXII, 17–71.
- VYŠOHLÍD, M., 2015: Hrnčířské předměstí v Berouně: první etapa archeologického výzkumu na parcele ppč. 296, ASČ 19, 411–430.
- WEISER, B., 2003: Töpferöfen von 500 bis 1500 n. Chr. im deutschsprachigen Raum und in angrenzenden Gebieten. Bonn.
- WHITE, H.–PAYNTER, S.–BROWN, D., edd., 2015: Archaeological and Historic Pottery Production Sites Guidelines for Best Practice. Historic England. London.
- WHITE, L., 1949: The Science of Culture: A Study of Man and Civilization. Farrar.
- WHITEBREAD, I., 2015: Materials choices in utilitarian pottery: kitchen wares in the Berbati valley, Greece. In: Ceramics, Cuisine and Culture: The Archaeology and Science of Kitchen Pottery in the Ancient Mediterranean World (Spataro, M.–Villing, A., edd.), 28–36. Oxford – Philadelphia.
- ZATLOUKAL, R., 1998: Středověké hrnčířské pece z Jihlavy a okolí, Vlastivědný sborník Vysočiny – Oddíl věd společenských XI, 27–44.
- 2000: Archeologické doklady hrnčířství ve 13. až první polovině 16. století na Moravě a ve Slezsku, AT 11, 60–74.

ZÁPOTOCKÝ, M., 1979: Katalog středověké keramiky severočeského Polabí. Praha.

ŽEGKLITZ, J., 1985: Vybavení hrnčířské dílny v 15. – poč. 17. století v Čechách, Muzejní a vlastivědná práce 23, 146–155.

– 2002: Obchod se středověkými hrnčířskými výrobky v předbělohorské Praze (1482–1620). In: Documenta Pragensia 20, 85–99. Praha.

– 2019: Kachle z dílny hrnčíře Adama Špačka (1531–1572) na Novém Městě pražském. AP – Supplementum 5. Praha.

Zusammenfassung

Energie- und Materialflüsse bei der Herstellung und Nutzung von mittelalterlicher bis neuzeitlicher Keramik

Das bei weitem wichtigste Werkzeug bei der Keramikherstellung waren die Hände des Töpfers. Deshalb spricht man von der Töpferei häufig auch als Töpferhandwerk. Der menschliche Körper (die Kraft der Arme und Hände) ist hierbei die Hauptquelle für die Muskel-, d.h. mechanische Energie, mit welcher das Material (Lehm, Magerungsmittel) gewonnen und vorbereitet wird, die Gefäße geformt und die Geräte und Vorrichtungen durch erlernte Techniken und Handgriffe in Bewegung gesetzt werden, ferner werden mit ihr Ofenbeschickungen eingeräumt (gestapelt) und ausgeräumt und die gebrannten Erzeugnisse gelagert. Schließlich werden die Erzeugnisse mithilfe des menschlichen Körpers zu den Endverbrauchern transportiert. Eine wichtige Rolle spielte auch die Sonnenenergie, d.h. Wärmeenergie, deren Quelle Brennstoff für die Trocknung und den Brand der Gefäße war. Erst mit zunehmender Spezialisierung und Konkurrenz unter den Herstellern waren die Töpfer gezwungen, mehr in die Senkung des Energieaufwands zu investieren, um eine höhere Effizienz und Intensität der Erzeugnisse zu erzielen. Dies führte zu einer größeren Verwendung neuer und alternativer Energiequellen und -mittel. Diese höhere Spezialisierung kann im Frühmittelalter gut beobachtet werden.

Energieaufwändig war die Gewinnung, der Transport und die Zubereitung der Rohstoffe selbst, wenn die Hersteller dazu nur ihren Körper und ihre Muskelkraft benutzten. Der Transport der Rohstoffe wurde durch Radwagen erleichtert, die von der Tierzugkraft als sog. Energieverlängerung Gebrauch machten. Der Zeit- und Energieaufwand und die Zubereitung der Rohstoffe (Lehme, Magerungsmittel) wurde durch verschiedene mechanische Vorrichtungen (Stein-, Zylinder- und Trommelmühlen, Göpelwerke, Pochwerke, Zerkleinerer und Pressen) verringert, die sowohl von mechanischer, als auch von Tier und Wasserenergie Gebrauch machten. Verbreitung fanden sie jedoch erst in der Neuzeit, besonders dann in der Manufakturproduktion von Keramik im 18. und 19. Jahrhundert.

Ein bedeutender Sprung in der Energienutzung bei der Keramikherstellung im Hoch- und Spätmittelalter war die Verbreitung der kinetischen Rotationsenergie in Verbindung mit der Drehtechnik, was durch schnell drehende Töpferscheiben mit unterem Rad (Schwungrad) und einer bestimmten Dynamik/Drehung erreicht wurde. Auch im Hinblick auf die Nutzung der im Brennstoff gespeicherten Wärmeenergie kam es zu Innovationen. Mit der Verbreitung verschiedener Keramikgruppen erhöhte sich die Brenntemperatur. Zwecks höherer Effizienz und Intensität der Herstellung kam es zu Änderungen in der Größe und Bauweise der Brennöfen. Man war bestrebt, mittels einer Reihe innerer Modifikationen einen möglichst gleichmäßigen Zug der Flamme und optimale Temperaturen zu erzielen sowie den Verlauf der Atmosphärenwechsel im Ofen kontrollieren zu können.

Die produzierte Keramik wanderte von den Herstellern zu den Verbrauchern. Auch für den Transport der Erzeugnisse war die Energie von menschlichen Trägern, Zugtieren mit Fuhrwerken und manchmal auch Wasserkraft notwendig. Die Keramik selbst war ein Mittel, um dem menschlichen Körper Energie in Form von Nährstoffen und Kalorien zuzuführen. Bei der täglichen

Nutzung war sie der Wirkung von Wärme- (beim Erhitzen) und mechanischer Energie ausgesetzt, was ihre Nutzeigenschaften und Gesamtlebensdauer beeinflusste. Die Morphologie der Keramik, Zusammensetzung der Keramikmasse und Oberflächenbehandlung hatten einen bedeutenden Einfluss auf die Wirksamkeit dieser Energien oder umgekehrt auf die Widerstandsfähigkeit gegenüber deren Einwirkung.

Mit der Einbeziehung verschiedener Energie- und Materialflüsse bei der Herstellung beschäftigen sich verschiedene theoretische sozialkonstruktivistische Ansätze und auch Ansätze der behavioristischen Archäologie, der Verschränkungstheorie (*Entanglement*) und des neuen Materialismus (*New Materialisms*). In diesen Arbeiten wurden die Energie- und Materialflüsse anhand von Produktionsketten/Arbeitsschrittanalysen (*Chaîne opératoire*) untersucht und ihre Veränderungen in einer längeren Zeitperspektive (Mittelalter – Neuzeit) beobachtet. Es wurden Erkenntnisse sowohl aus der archäologischen, als auch aus der ethnoarchäologischen, ethnografischen und experimentellen Forschung herangezogen. Hinsichtlich des Studiums der Energetik, der gesamten ökonomischen Bilanz und Organisation der Keramikherstellung ist es wichtig, solche Parameter zu beobachten wie Effizienz, Investitionen und Intensität es sind.

Mgr. Ladislav Čapek, Ph.D., Katedra archeologie Fakulty filozofické Západočeské univerzity v Plzni, Sedláčkova 15, 306 14 Plzeň, Česká republika, capekla@kar.zcu.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.

