

## K počátkům užití plamenných pecí v kovolitectví (Interpretace staroegyptských nálezů v Kermě a v Qantiru – Piramesse)

Karel Nováček

Středověké hutnické zpracování neželezných kovů je v technologicky orientované evropské archeologii stále spíše tématem okrajovým. Jednou z mnoha otázek, na kterou dějiny techniky a archeologie zatím nedaly jednoznačnou odpověď, jsou technologické předpoklady zhotovování velkých odlitků (zvonů, sochy, sarkofágy, chrámové dveře, palné zbraně); není zcela zřejmé, jak bylo ve starověkých a středověkých podmínkách dosaženo roztavení velkého objemu slitiny, nutného pro plynulé, homogenní odlití těchto kusů. Písemné prameny – zejména antické, středověké a renesanční technologické texty a učebnice – již byly v tomto směru informačně vytěženy (např. *Flodr 1983; Dziekoński 1963; Drescher 1986* aj.) a archeologické prameny k podobě středověkých kovoliteckých dílen jsou reprezentovány poměrně nevelkou skupinou často obtížně interpretovatelných a bohužel obvykle také nedostatečně publikovaných nálezů.

Až do 15. století se řešení problému s výrobou velkých odlitků ne zcela přesvědčivě hledá v možnosti zvětšování, popřípadě zmnožování tyglíkových pecí (*Flodr op. cit., 72*). Teprve koncem 15. století se v písemných a ikonografických pramenech objevují doklady tzv. plamenné pece, která bývá v literatuře hodnocena jako důležitá inovace, umožňující nejen velkoobjemové lití, ale i rozvinutí nových postupů v hutnictví rud barevných kovů. První podrobný popis bronzolitecké plamenné pece a několik variant vyobrazení uvádí Vanoccio Biringuccio (*Biringuccio 1540, fol. 101b – 104a*). Ještě starším dokladem by mohly být popisy B. Cenniniho, některé kresby (Leonardo da Vinci) a zmínky v Lersnerově frankfurtské kronice k roku 1486 (*cit. dle Flodr 1983, 70, pozn. 3*). Některé prameny, např. účty děloliteckých hutí (Zhořelec, 40. léta 15. stol.: *Rathgen 1928, 351; cit. dle Flodr 1983, 74, pozn. 17*) by případně umožňovaly posunout znalost této inovace do 1. poloviny 15. století. Nejpozději kolem poloviny 16. století byl princip plamenné pece uplatněn také v českosaském hutnictví, při shánění (kupelaci) olova, jak uvádí J. Agricola (*Ježek – Hummel ed. 1933, 408*) a jak dokládají prameny z kutnohorských dolů (*SÚAr Praha, fond Staré montanum, Kutná Hora 5 – 153-169; Pazderová a kol. edd. 2000, 220*). V Anglii se za nejstarší doklad zvonařské plamenné pece pokládá nález z Keynsham Abbey z doby před r. 1539 (*Lowe – Masson 1987; za upozornění děkuji Dr Peteru Kingovi*); a byla to právě Anglie, kde se ve druhé polovině 17. století úspěšně rozvinulo použití pece v dalších metalurgických oblastech. Varianta pece zvaná „cupilo“, se zdokonaleným tahem a s užitím minerálního uhlí jako paliva, byla poprvé postavena roku 1678 v Bristolu a používána po celé 18. století (*Day 1995, 206*) (*obr. 1*).

Cílem studie je poukázat na některé staroegyptské a evropské archeologické doklady, které – byť se jedná o velmi vzácné, územně a časově disparátní příklady – naznačují, že princip plamenné pece byl spojen s výrobou velkých odlitků již od nejstarších vývojových etap kovolitectví a že by bylo možno sledovat v prostředí středověké západní Evropy jeho kontinuitu ještě před dobou, kdy se poprvé objevil v renesanční odborné literatuře. Revize dalších, vesměs nedostatečně publikovaných nálezů by patrně rozhojnila zatím skromné doklady tohoto typu pecí (viz níže) a současně by mohla v těchto konkrétních případech osvětlit technologickou úroveň, výrobní program a intenzitu místní zpracovatelské metalurgie.

Plamenná (či také pálavá nebo vzduchová) pec (něm. Flammofen, Windofen; angl. reverberatory furnace) byla zařízením, jehož technologický princip byl založen na kontaktu vsádky s vysokým, čistým plamenem (podobu a funkci pece obšírně popsali podle pramenů 16. – 19. století *Flodr 1983, 74-79* a *Dziekoński 1963, 166-174, 326-327*, na něž v detailech odkazují). Pec byla konstruována tak, aby bylo dosaženo co nejsilnějšího přirozeného tahu. Této podmínce nejlépe vyhovoval ležatý tvar pece, nejčastěji na pravouhlém půdorysu (objevovaly se i půdorysy kruhové a oválné), se sníženým až zahloubeným topeništěm na jedné straně, částečně oddělenou tavicí komorou uprostřed a kouřovým otvorem (později komínem) na straně protilehlé. Plamen byl veden na klenbu tavicí komory, jejíž žár pak působil směrem dolů na vsádku. U některých variant pece, jako např. u tzv. Kasselské keramické pece z 1. poloviny 19. století, se promyšleným systémem přepážek a tahových kanálů

dosahovalo zvrtného vedení plamene a tím i jeho dokonalého termického účinku ve vypalovacím prostoru. U metalurgických plamenných pecí bylo dno tavicí komory vyspádováno (obvykle směrem k topeništi), aby mohl roztavený kov či slitina stékat k odpichovým otvorům, umístěným v delších stěnách pece. Jako palivo se obvykle používalo dřevo nebo minerální uhlí.

## K současnému stavu výzkumu staroegyptského zpracování kovů

Kovolitectví starého Egypta se tradičně studuje na základě písemných či ikonografických pramenů a rozbořením samotných výrobků – zpravidla vysoce kvalitních exemplářů uměleckého řemesla či skulpturního umění, rozptýlených v uměleckých sbírkách po celém světě (přehled problematiky viz *Garland – Bannister 1927; Lucas – Harris 1962; Scheel 1989*). Archeologický výzkum kovoliteckých výrobních objektů a areálů je stále v počátečním stadiu rozvoje a jeho informační hodnota je zatím nesouměřitelná s tradičními kategoriemi pramenů. Zájem o otázky těžby rud barevných a drahých kovů a jejich primárního hutnického zpracování ve faraónském období je přitom o poznání intenzivnější (vedle klíčových lokalit těžby a hutnictví mědi na Sinajském poloostrově (především ve Vádí Timna – *Rothenberg 1985; 1990*; dále např. Beit – *Arieh 1985*; též *Weisgerber 1976* a mnohé další) lze zmínit výsledky slibně se rozvíjejícího výzkumu na ložiscích ve Východoegyptské poušti (*Castel et al. 1996; 1998*) a nově i nepřímé náznaky exploatace místních ložisek mědi v saharské oáze Chárga v období 27. dynastie: *Wuttman et al. 1998, 446-448*). Archeologicko-technologické poznání tepelného zpracování kovů v egyptských sídelních a sakrálních centrech z celého dlouhého období od Staré říše až po Ptolemaiovskou éru však zatím spočívá na čtyřech, vesměs neúplně publikovaných náleзовých situacích, z nichž dvě navíc pocházejí z nubijských lokalit, jejich kulturní příslušnost k Egyptu buď není zcela jistá (Buhen) nebo je dokonce nepravděpodobná (Kerma: *Bonnet 1982*). Pokud je mi známo, ani jedno z těchto čtyřech metalurgických pracovišť zatím nebylo plně analyzováno po stránce technologické. Zevrubná pozornost byla věnována pouze rekonstrukci podoby a funkce a vzájemnému srovnání dlouhých žlabových výhni na tavení měďnaté slitiny v tyglících, které byly odkryty v chrámovém okrsku Setiho I. v Thébách a v Qantiru – Piramesse, sídelním městě faraónů konce 18. a 19. dynastie v nilské deltě (*Pusch 1994 s lit.*).

## Pec v Kermě

Při hledání nejstarších aplikací principu plamenné pece v kovolitectví je třeba se zastavit u dvou staroegyptských, na první pohled podobných hutnických zařízení. První z nich bylo prozkoumáno v roce 1980 v zaniklém urbánním středisku Kerma v súdánské části Nubie a je datováno do 20. – 18. století před Kr., tedy do období Střední říše (*Bonnet 1982*). Velmi dobře zachovaná pec obdélného půdorysu o vnitřních rozměrech nadzemní části 180 x 118 cm (*obr. 2*) byla součástí větší dílny umístěné u hlavní brány v opevněné části města. Pec sestávala z cca 5 cm silné obdélné podlahy ze sušených, omítnutých cihel, umístěné v úrovni terénu a ze čtyř dlouhých paralelních tahových kanálů, procházejících pod podlahou kolmo na její podélnou osu. Kanály byly po celé délce od sebe navzájem odděleny zídками ze sušených cihel, které na obou koncích, kde kanály svažitě vybíhaly na povrch, přecházely do přepážek z rostlého terénu. V části pod podlahou byly ze statických důvodů do kanálů vloženy další paralelní zídky, takže suterénní prostor pece byl rozčleněn do osmi úzkých kanálů, přístupných zvnějšku půlkruhově zaklenutými otvory. Na severní straně byla většina těchto otvorů (5 nebo 6) v poslední fázi provozu před zánikem pece překryta a uzavřena vrstvami naskládaných cihel (!). Výška vrcholů záklenků vstupních otvorů se plynule snižuje od západu k východu (rozdíl mezi krajními záklenky činí asi 15 cm), na rozdíl od dna topeniště i podlahy, které tento sklon nemají. Podlážka se zachovala ve dvou nespojitých, úhlopříčně situovaných torzech, po obvodu se dochoval nízký zbytek lemu, na podélných stranách silnějšího než stranách příčných, což může nasvědčovat existenci klenby. Na východní straně lemu byly patrné zbytky tří nepravidelně umístěných otvorů.

Pec nesla výrazné stopy použití. Kromě výrazného propálení se na zbytcích podlahy a v prostoru otvorů našly četné slitky měďnatého kovu, jehož analýza prokázala, že jde o cínový bronz (obsah Sn kolem 7%). Z destrukční výplně tahových kanálů pocházejí četné zlomky široce kónických tyglíků o průměru ústí do 20 cm s otvorem ve spodní části výdutě (?!). Nálezy strusky v prostoru pece a okolí chybějí, jako palivo bylo používáno palmové dřevo.

Autor výzkumu spojil nalezenou pec s kovoliteckou výrobou a současně naznačil svou představu o principu její funkce. Předpokládal vertikální členění pece na spodní topeniště a svrchní, plně

oddělenou a uzavřenou tavicí komoru, do níž byly pomocí otvorů ve východní stěně vkládány a vyjímány tyglíky se slitinou. Tato rekonstrukce vzbuzuje značné pochybnosti. Jen těžko si lze představit, že by se slitina v tyglících mohla bez přímého kontaktu, pouze teplem sdíleným přes cihelnou přepážku a stěnu tyglíku, zahřát na odlévací teplotu, která se v tomto případě – s ohledem na složení bronzu – musela pohybovat kolem 1005°C (Söderberg 2000, Tab. I), navíc při očividně nepříliš velkých tahových možnostech topeništních kanálů. V neposlední řadě zůstává nejasný i důvod blokace otvorů do severní strany topeniště. Alternativní funkční rekonstrukce pece, která by počítala s vedením plamene do prostoru tavicí komory a jeho přímým kontaktem se slitinou v tyglících, ovšem naráží na nedostatek opor v publikované dokumentaci, případně je i s některými detaily v rozporu (uspořádání otvorů ve východní stěně). V duchu této – bohužel neprokazatelné – varianty bychom předpokládali, že podlážka byla na dvou místech (v SZ a JV rohu) prolomena otvory do topeniště, dvě úhlopříčně umístěné pracovní plochy byly obsluhovány otvory ve východní a západní stěně komory a vedení plamene na vsádku bylo regulováno polohou kouřového otvoru (otvorů?) v klenbě pece.

### Pece v Qantiru – Piramesse

Spolehlivější rekonstrukci umožňují pece, prozkoumané v letech 1982 – 1987 v rámci expedice Rakouského archeologického ústavu na severním okraji bývalého sídelního města Piramesse v blízkosti nynějšího Qantiru. Výzkum zde objevil unikátní, rozsáhlou kovoliteckou manufakturu, datovanou od počátku 19. dynastie zhruba do poloviny vlády Ramsese II., absolutně do let 1295 – 1245 před Kr. (Pusch 1990). Měďnatá slitina (publikace neobsahuje rozbor suroviny) byla tavena ve dvou rozdílných typech objektů: jednak v již zmíněných, bezmála 20 m dlouhých žlabovitých výhních I – VI (v tyglících za použití nožních dmychadel) a jednak ve velkých „křížových pecích“ A – D ze sušených cihel. Kromě tavicích objektů byly v areálu nalezeny stopy dalších zařízení a stop po kovolitecké činnosti (dvě menší odlévací jámy, nespecifikované propálené plochy čtvercového a kruhového půdorysu, popelovité vrstvy apod.). Podle stratigrafického určení vznikly „křížové pece“ o něco dříve než výhně, oba typy zařízení však byly provozovány současně a svým výrobním programem se zjevně doplňovaly. Zatímco výhně se rozdělují do dvou následných mikrofází, u pecí není zjevný žádný časový rozdíl či následnost. Ze čtyřech nalezených pecí se nejlépe dochovala nejmenší pec B, ostatní, pokud bylo možno posoudit, se však od ní liší pouze v nepodstatných detailech. Přes poměrně velmi kvalitní nálezoovou dokumentaci byly u publikovaného detailního půdorysu pece B (obr. 4) zjištěny odchylky od publikovaných řezů i od půdorysu pece na celkovém plánu. Na obr. 3 tedy předkládám opravenou a doplněnou verzi půdorysu. Z řezů byly odstraněny neodůvodněně rekonstruované části.

Z pece se zachovaly převážně jen partie zahloubené do podloží. Základ objektu tvoří, podobně jako u pece z Kermy, trojice paralelních kanálů, oddělených zdmi z nepálených cihel. Kanály ve střední části překrývají obdélnou, mírně konkávní cihelnou podestu, která stupňovitě klesá k severu k vyžděné, asi o 45 cm zahloubené partii na půdorysu T. Celkové rozměry podesty – včetně zahloubené části – činí asi 375 x 235 cm. Zahloubená část byla rozdělena příčkou na tloušťku cihly ve směru východ – západ na dvě části. Podobně řešená (plně dochovaná) příčka byla nalezena rovněž v peci C. Ze zahloubeného prostoru uvádí autor výzkumu nálezy zlomků strusky a měďnatého kovu, nespecifikuje ovšem ze které části. Kolmo na zmíněný svazek kanálů vyběhají od okraje podesty jednotlivé, dlouhé kanály k severu a k jihu, z nichž severní je znatelně širší (světlá šířka asi 80 cm). Tyto kanály váží na obvodové substrukce nadzemní části pece, které jsou v nárožních partiích velmi masivní. Celkové rozměry pece včetně kanálů činí 900 (S–J) x asi 700 (V–Z) cm. Na ploše podesty jsou všechny východozápadní kanály na dvou místech přerušeny a propojeny, mezery o délce kolísající mezi 25 a 40 cm jsou na několika místech vyplněny (záměrně?) šikmo umístěnými cihlami. Střední úseky kanálů jeví v hliněné omítce náznaky náběhů do valených klenbiček, cihly tohoto tělesa včetně omítky jsou silně propáleny, místy až vitrifikovány. Rekonstruovaná výše záklenků klenbiček výrazně klesá k severu, v soulase se stupňovitým snižováním podesty.

Nadzemní část pece, z níž se dochovaly pouze zmíněné masivní nárožní substrukce, lze podle publikovaných podkladů půdorysně rekonstruovat jako obdélník o rozměrech zhruba odpovídajících rozměrům podesty včetně zahloubené severní části (cca 355 x 245 cm).

Publikovaný půdorys nehodnotí dochované části pece z hlediska možných stavebních fází, změn, reparací apod. Spáry vyznačené v opraveném půdorysu jsou tedy do značné míry hypotézou, stavba

však v každém případě nenese žádné známky složitějšího stavebního vývoje.

„Křížové pece“ byly autorem výzkumu obecně spojeny s kovoliteckou výrobou, jejich funkční princip ovšem diskutován nebyl. Jednoznačně (a oprávněně) byla odmítnuta souvislost s hutněním rudy (na základě absence většího množství strusky a vzhledem k dokladům soudobého zpracování rud u ložisek, v typově odlišných objektech). V destrukci pece byly zjištěny hojné fragmenty zuhelnatělého palmového dřeva a dva zlomky dyzen, které se sem jasně dostaly druhotně ze sousedních žlabovitých výhni a které nemají s provozem pece žádnou souvislost. Z prostoru peci zcela chybějí nálezy tyglíků.

Přes fragmentární nálezový stav lze podobu i funkci pece identifikovat do poměrně velkých podrobností (*obr. 5*). Nápadným znakem je zahloubení topeništních kanálů, které zlepšovalo tahové vlastnosti pece a umožňovalo pohodlnou kontrolu a obsluhu nadzemní části. Ta nepochybně sestávala ze stěn nad nalezenými obvodovými substrukcemi a s největší pravděpodobností i z valené klenby. Ve střední části půdorysu pece je ovšem vedle toho čitelné ještě kompaktní zděné těleso, dimenzované na značnou zátěž, prolomené valeně zaklenutými kanály s klesajícími vrcholy záklenků. Toto těleso považujeme za substrukci tavicí vany, vlastní pracovní plochy určené k tavbě slitiny. Vanu si lze představit jako objekt na půdorysu úzkého, protáhlého obdélníku (cca 280 x 60 cm), se dnem svažujícím se k severu, k místu předpokládané výpusti. Dalším zajímavým detailem je stopa přepažení nejnižší, zahloubené části topeniště příčkou. Pokud bychom všechny nalezené kanály pece pokládali za tahové či příkladací, pak by tato příčka, uzavírající přístup do topeniště z nejširšího kanálu, neměla opodstatnění. Pokud bychom však počítali s přesahem tavicí vany do části severně od příčky, pak by příčka hrála důležitou roli - oddělovala by od vlastního topeniště prostor o rozměrech 110 x 80 x cca 60 cm, který mohl být velmi příhodně využit k umístění odlévací formy. Prostor byl v tomto ohledu skvěle disponován - nacházel se ještě v nitru pece (forma byla dostatečně temperována) a při umístění formy přímo pod výpustní otvor odpadala jakákoli manipulace se žhavým kovem. Považujeme za velmi pravděpodobné, že severní kanál sloužil k transportu formy do pece a formy s hotovým odlítkem ven. Odlévací prostor pod vanou nutně musel být zaklenut, nálezový stav však neposkytl žádná vodítka pro rekonstrukci klenby (dvojice valených kleneb o různých roztečích s vrcholnicí ve směru S – J?).

„Křížová pec“ z Qantiru má v rekonstruované podobě (*obr. 5*) všechny atributy typologicky vyspělé a funkčně neobyčejně promyšlené plamenné pece. Dlouhé tahové kanály na západní, jižní a východní straně umožňovaly optimální využití momentálního směru větru a přirozeného tahu vzduchu tak, aby vysoký plamen v peci mohl rovnoměrně, částečně přímo a částečně nepřímou (ohřevem dna vany a klenby pece) roztavit slitinu ve vaně. Směr plamene v peci byl jistě regulován vhodným umístěním kouřového otvoru. Roztavený kov se shromažďoval v severní části vany, odkud byl ve vhodný okamžik vypuštěn do předehřáté formy, přisunuté severním kanálem do suterénu pece. Z rozměrů odlévacího tunelu lze usoudit na střední velikost odlévaných artefaktů (s rozhodně menší plochou než 110 x 80 cm).

Lze-li se opírat o tvrzení autora výzkumu, pak pece z Qantiru nemají v tomto období na Předním východě v kontextu metalurgické výroby obdoby (*Pusch 1990, 81n.*). Otázku původu plamenné pece není v této souvislosti možno řešit, lze jen poukázat na skutečnost, že velmi vyspělé pece tohoto typu byly používány v keramické výrobě na Předním Východě už ve 4. tisíciletí př. Kr. (Dr. Peter Hutchison, osobní sdělení). Do doby mnohem mladší, na počátek 2. tisíciletí př. Kr., jsou např. datovány plamenné pece na výrobu obkládacích desek z umělého bazaltu v Mezopotámii (*Stone et al. 1998*). Technologickou podmínkou úspěšného výpalu tohoto zboží bylo – vedle vysoké provozní teploty (1180 – 1200°C) – také velmi pomalé chladnutí, což bylo možno zručným ovládním plamenné pece dosáhnout. Jen o něco málo později známe aplikaci plamenných pecí při výrobě keramiky vysokého ohně v Číně atd. Lze tedy předpokládat, že technický princip plamenné pece byl znám a plně rozvinut již v době předcházející počátkům kovolitectví a barevné metalurgie vůbec. Určení doby její aplikace v kovolitectví a vývoj jejích funkčních vlastností je úkolem, k jehož řešení je archeologie plně kompetentní.

### Otázka kovoliteckých plamenných pecí v evropském středověku

V městských kovoliteckých dílnách středověké západní Evropy byly již několikrát nalezeny tavicí objekty, které lze s větší či menší pravděpodobností spojovat s typem plamenné pece. Nepochybně do této kategorie spadá až novověká pec ze zvonařské dílny na Paul Street v Exeteru (*Blaylock 1996*,

79, obr. 10). Pec na obdélném půdorysu s odděleným topeništěm (menší oddíl se zbytkem příkladacího otvoru ve spodní části) od tavicí komory (větší oddíl s vyspádaným dnem) byla v provozu v letech 1650 – 1720 (obr. 6 : 1). Stěny pece byly extrémním žárem nataveny. Za pravděpodobnou plamennou pec označil H. Drescher fragmenty dvou metalurgických zařízení pravoúhlého půdorysu, nalezené v areálu zvonařské dílny severně od hamburského domu (Drescher 1961, 125). Lépe dochované torzo o vnitřním rozměru cca 1,2 m (obr. 6 : 2) bylo zděno z kamene na jílu, stěny a podlaha byly cihlově červeně propáleny, interiér vyplňovaly střídající se vrstvy popela a uhlíků, nálezy strusky nebo slitků kovu zcela chyběly. Pokud by bylo funkční určení správné, pak by pec svým datováním do 9. – 10. století reprezentovala nejstarší známý evropský doklad. Stopy tavicích zařízení se našly i v areálech dalších zvonařských dílen, jejich čitelnost je ale velmi nízká a neumožňuje funkční určení. Problematická je i situace u dalších nálezů z Lübecku, Breite Gasse 26 (Gläser 1987) a z Bratislavy, Kapitulskej ul. (Baxa – Ferus 1983, 49-52). Oba nálezy jsou zcela nedostatečně publikovány; v prvním případě se v kontextu městské bronzolitecké dílny 13. století hovoří o objektu jako o výhni, druhý nález je prezentován jako pec na zpracování mědi či jejích slitin s přibližnou datací na přelom 15. a 16. století (obr. 6 : 3, 4). Jen na základě půdorysu a některých nálezových indicií (hojný výskyt slitků měďnatého kovu při současné absenci strusek a tyglíků) bychom usuzovali na plamennou pec. Pokud by tomu tak nebylo, pak by bylo možné pro velký metalurgický objekt pravoúhlého půdorysu, v rámci městského řemesla, které – jak předpokládáme – pracovalo již s kovovým polotovarem a nezabývalo se redukcí mědi, jen těžko nalézt přijatelné vysvětlení (Ernée – Miličty – Nováček 1999, 225).

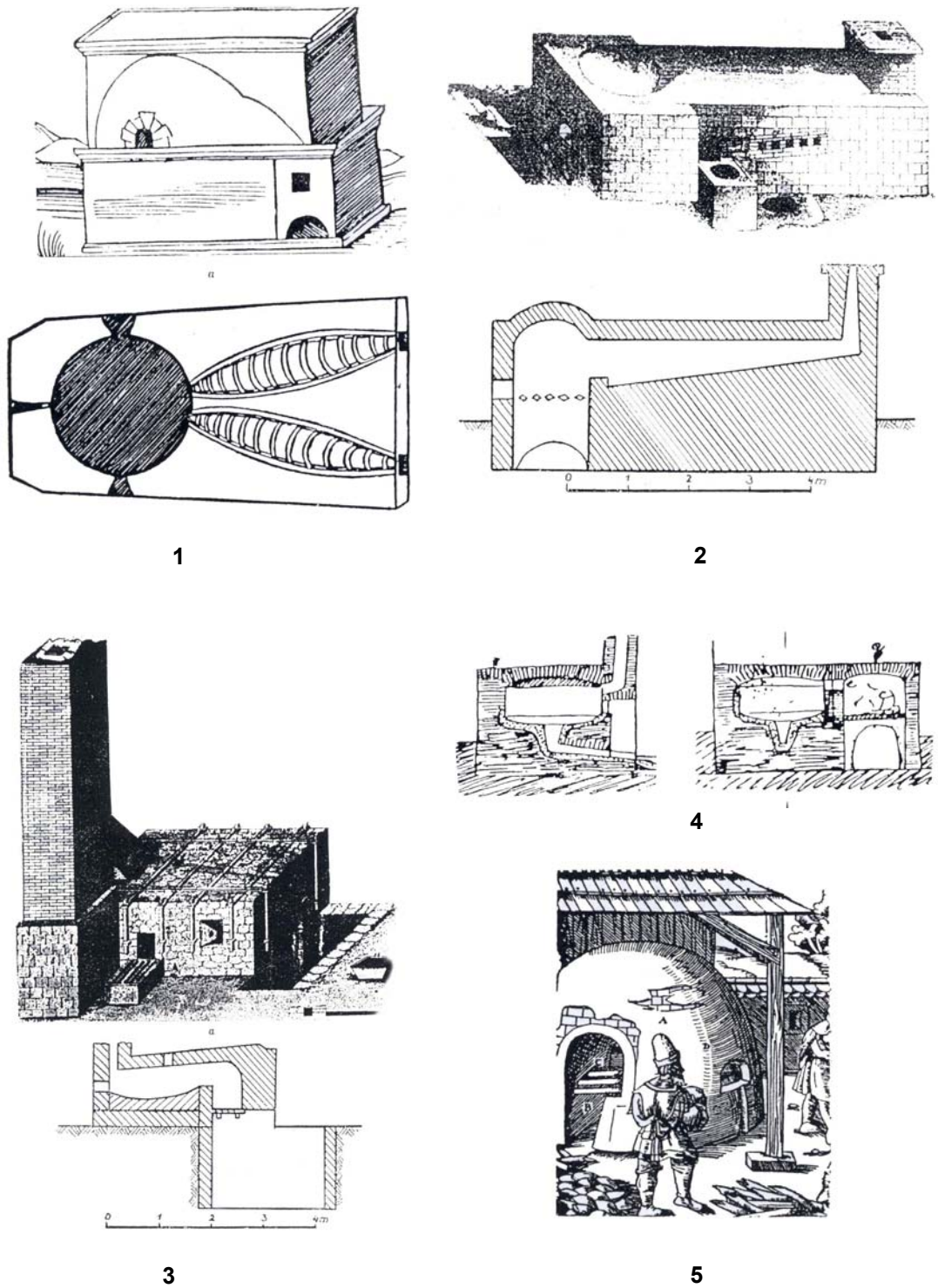
## Závěr

Závěrem můžeme shrnout naše zjištění. Problém s odléváním velkých předmětů z měděných slitin bylo možno neefektivněji vyřešit použitím tzv. plamenných pecí, doložených písemnými a ikonografickými prameny ovšem teprve od 2. poloviny 15. století. Při jejich konstrukci bylo nutno dokonale zvládnout tahové vlastnosti, dosáhnout rovnoměrného působení žáru na povrch vsádky uvnitř tavicí komory a zajistit značnou odolnost objektu vůči tepelné a váhové zátěži. Tyto podmínky byly splněny již u nejstaršího rozpoznatého archeologického dokladu kovolitecké plamenné pece ze staroegyptského Piramesse (1. polovina 13. stol. před Kr.), která představuje technologicky velmi vyspělý objekt, umožňující efektivní odlévání předmětů střední velikosti. Prototypy nejstarších kovoliteckých plamenných pecí lze zřejmě hledat v prostředí předovýchodních hrncářských dílen. Ve středověké střední a západní Evropě jsme zatím schopni sledovat jen slabou stopu existence plamenných pecí v podobě neúplně publikovaných nálezů z kontextu zvonařských a městských kovoliteckých pracovišť. Doložení této slévárenské technologie by v konkrétních případech umožnilo nový pohled na technickou úroveň, výrobní program a intenzitu produkce konkrétní kovolitecké dílny.

## Literatura:

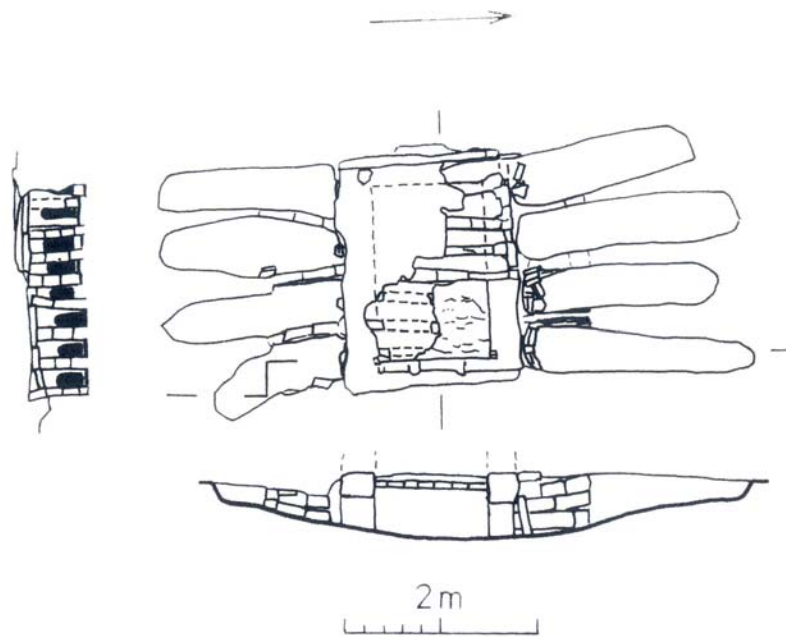
- [1] BAXA, P. – FERUS, V. 1983: Výskum veže v severozápadnom nároží mestského opevnenia Bratislavy, Archeologické výskumy a nálezy na Slovensku v roce 1982, 49-52.
- [2] BEIT – ARIEH, I. 1985: Serabit el – Khadim: New Metallurgical and Chronological Aspects, Levant 17, 89-116.
- [3] BIRINGUCCIO, V. 1540: De la pirotechnia libri X. Venezia.
- [4] BLAYLOCK, S. R. 1996: Bell and Cauldron Founding in Exeter, Journal of the Historical Metallurgy Society 30/2, 72-82.
- [5] BONNET, Ch. 1982: Un atelier de bronziers a Kerma, in: Krause, M. (Ed.): Nubische Studien, Tagungsakten der 5. internationalen Konferenz der International Society For Nubian Studies, Heidelberg 1982, Mainz a. R., 19-23.
- [6] CASTEL, G. – KÖHLER, Ch. – MATHIEU, B. – POUIT, G. 1998: Le mines du ouadi Um Balad (désert Oriental), Bulletin de l'Institut francais d'archéologie orientale Caire 98, 57-87.
- [7] CASTEL, G. – MATHIEU, B. – POUIT, G. – EL HAWARI, M. – SHAABAN, G. – HELAL, H. – ABDALLAH, T. – OSSAMA, A. 1996: Wadi Dara Copper Mines, in: Proceedings of the First International Conference on Ancient Egyptian Mining and Metallurgy and Conservation of Metallic Artifacts, Cairo, Egypt 10 - 12 April 1995, Cairo, 15-27.
- [8] DAY, J. 1995: Trade and Innovation in Non-ferrous Metals at Bristol, in: Hook, D, R. – Gaimster,

- D. R. M. (Eds.): Trade and Discovery: The Scientific Study of Artefacts From Post-Medieval Europe and Beyond, British Museum Occasional Papers No. 109, London, 205-220.
- [9] DRESCHER, H. 1961: Zwei mittelalterliche Giessereien auf dem Gelände des ehemaligen Hamburgens Doms, Hammaburg 13, 107-132.
- [10] DRESCHER, H. 1986: Zum Guss von Bronze, Messing und Zinn „um 1200“, Zeitschrift für Archäologie des Mittelalters, Beiheft 4, 389-404.
- [11] DZIEKONSKI, T. 1963: Metalurgia miedzi, ołowiu i srebra w Europie środkowej od XV do końca XVIII w. Wrocław – Warszawa – Kraków.
- [12] ERNÉE, M. – MILITKÝ, J. – NOVÁČEK, K. 1999: Vítkovci a těžba drahých kovů na Českokrumlovsku. Příspěvek k dějinám středověké metalurgie v Čechách, Mediaevalia Archaeologica 1, 209-233.
- [13] FLODR, M. 1983: Technologie středověkého zvonařství. Brno.
- [14] GARLAND, H. – BANNISTER, C. O. 1927: Ancient Egyptian Metallurgy. London.
- [15] GLÄSER, M. 1987: Eine Bronzegiesserei des 13. Jahrhunderts in Lübeck, Archäologisches Korrespondenzblatt 17, 121-127.
- [16] JEŽEK, B. – HUMMEL, J. ed. 1933: Jiřího Agricoly Dvanáct knih o hornictví a hutnictví. Praha.
- [17] LOWE, B. J. – MASON, E. J. 1987: Keynsham Abbey Excavations 1961 – 1985, Proceedings of Somerset Archaeology and Natural History Society 31, 81-156.
- [18] LUCAS, A. – HARRIS, J. R. 1962: Ancient Egyptian Materials and Industries. London.
- [19] PAZDEROVÁ, A. a kol. edd. 2000: Státní ústřední archiv v Praze. Průvodce po archivních fondech a sbírkách I/2. Praha.
- [20] PUSCH, E. B. 1990: Metallverarbeitende Werkstätten der frühen Ramessidenzeit in Qantir – Piramess / Nord. Ein Zwischenbericht, Ägypten und Levante 1, Wien, 75-113.
- [21] PUSCH, E. B. 1994: Divergierende Verfahren der Metallverarbeitung in Theben und Qantir? Bemerkungen zur Konstruktion und Technik, Ägypten und Levante 4, 145-170.
- [22] RATHGEN, B. 1928: Das Geschütz im Mittelalter, Quellenkritische Untersuchungen. Berlin.
- [23] ROTHENBERG, B. 1985: Copper Smelting Furnaces in the Arabah, Israel: The Archaeological Evidence, British Museum Occasional Paper No. 48, 123-150.
- [24] ROTHENBERG, B. 1990: The Ancient Metallurgy of Copper. Archaeology – Experiment – Theory. Researches in the Arabah 1959 – 1984, Vol. 2. Institute for Archaeo-Metall. Studies, Inst. of Archaeology, University College London.
- [25] SCHEEL, B. 1989: Egyptian Metalworking and Tools. Aylesbury.
- [26] SCHLÜTER, Ch. 1738: Gründlicher Unterricht von Hütte-Werken. Braunschweig.
- [27] SÖDERBERG, A. 2000: Metalcraft vessels of the Iron Age and the early Middle Ages, <http://user.tninet.se/%7Emfx106d/crucibles.htm>
- [28] STONE, E. C. – LINDSLEY, D. H. – PIGOTT, V. – HARBOTTLE, G. – FORD, M. T. 1998: From shifting silt to solid stone: the manufacture of synthetic basalt in ancient Mesopotamia, Science 280, 2091-2093.
- [29] WEISGERBER, G. 1976: Altägyptischen Bergbau auf der Sinaihalbinsel, Schriften der Georg - Agricola - Gesellschaft 2, 27-43.
- [30] WUTTMANN, M. – BAKARAT, H. – BOUSQUET, B. – CHAUVEAU, M. – GONON, T. – MARCHAND, S. – ROBIN, M. – SCHWEITZER, A. 1998: 'Ayn Manáwir (Oasis de Kharga), Deuxieme rapport préliminaire, Bulletin de l'Institut francais d'archéologie orientale Caire 98, 367-462.

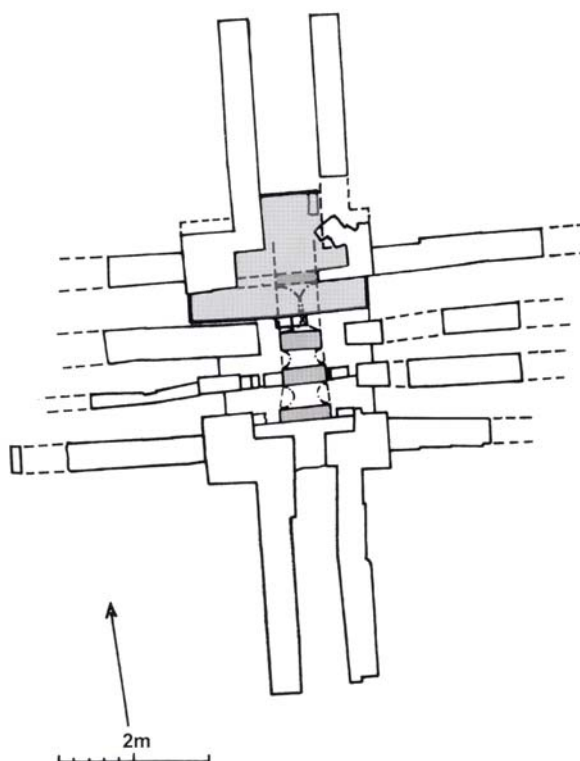


**Obr. 1** Příklady plamenných pecí z technologické ikonografie 16. – 19. století. **1** – kovolitecká pec, Itálie, konec 15. století (*Biringuccio*). **2** – plamenná pec k hutnění stříbra a kobaltu, Schneeberg, 1696 (*Schlüter*). **3** – Cupilo k hutnění mědi a olova, Wales, 1698 (*Schlüter*). **4** – plamenná pec k hutnění olova a mědi, Góry Świetokrzyskie, počátek 19. století (*Dziekoński*). **5** – uherská a polská sháněcí pec, polovina 16. století (*Agricola*)



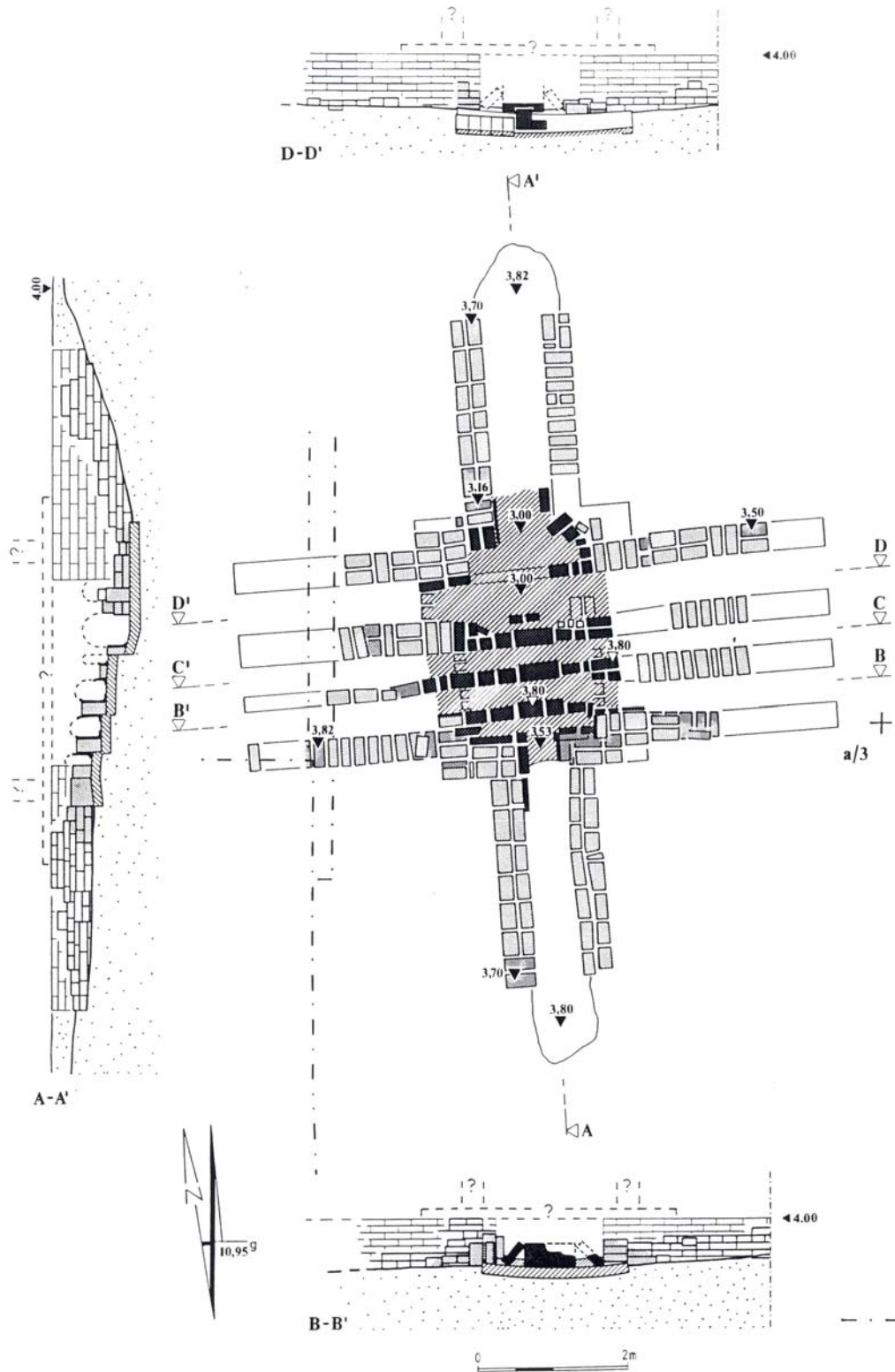


**Obr. 2** Kerma, bronzolitecká pec (podle *Bonnet* 1982)

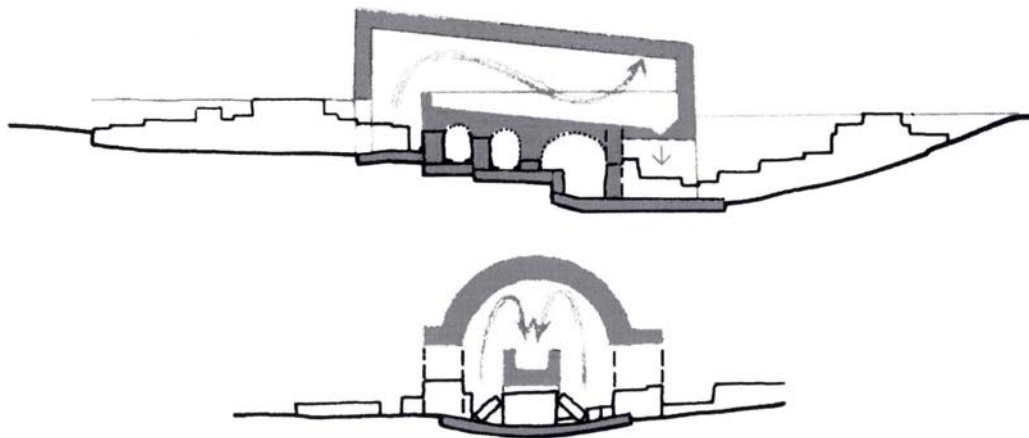


**Obr. 3** Qantir – Piramesse, „křížová“ kovolitecká pec B, opravený a doplněný půdorys nálezového stavu

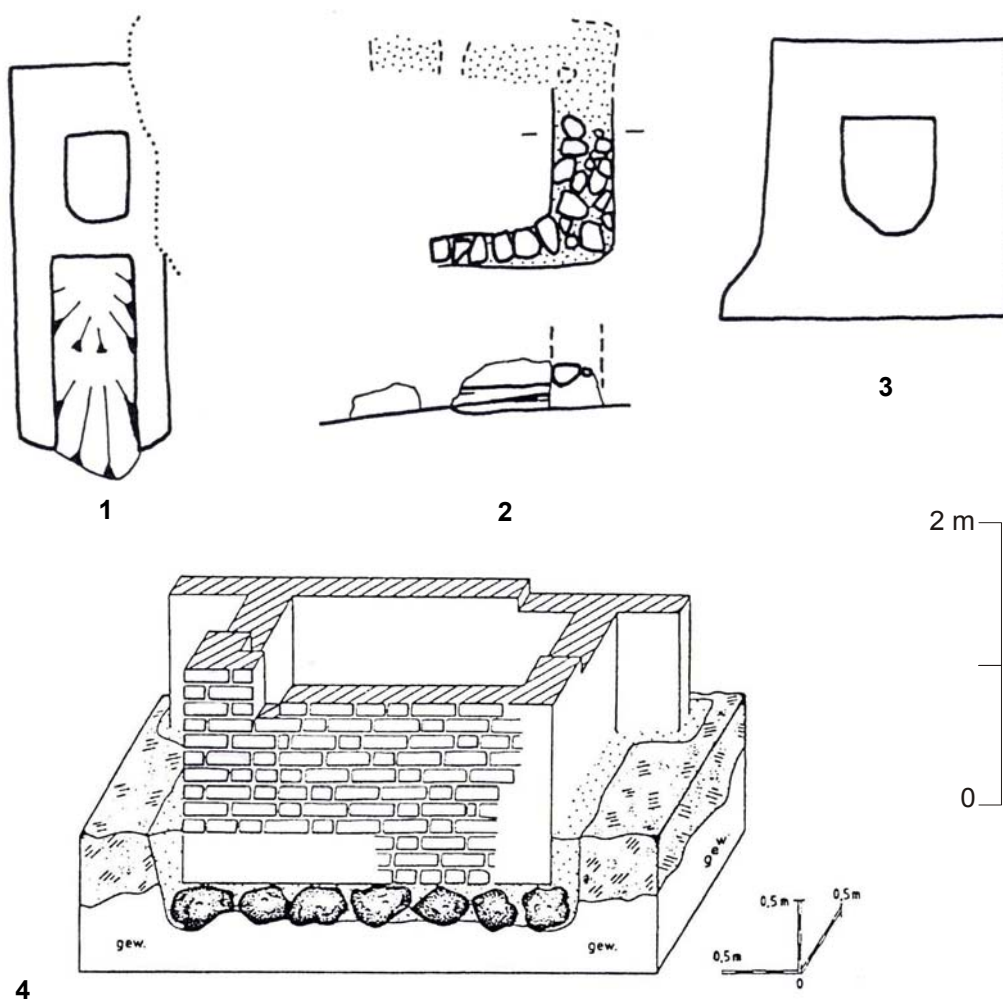




Obr. 4 Qantir – Piramesse, „křížová“ kovolitecká pec B, publikovaný půdorys a řezy (podle Pusch 1990)



**Obr. 5** Qantir – Piramesse, „křížová“ kovolitecká pec B, rekonstrukce podoby a funkce pece v podélném a příčném řezu



**Obr. 6** Archeologické nálezy plamenných kovoliteckých pecí ve středověké a raně novověké Evropě (včetně hypotetických případů). 1 – Exeter (podle *Blaylock* 1996). 2 – Hamburg (podle *Drescher* 1961). 3 – Bratislava (podle *Baxa – Ferus* 1983). 4 – Lübeck (podle *Gläser* 1987)