

Experimentální pálení dřevěného uhlí v jamách

Dřevěné uhlí bylo lidmi využíváno minimálně od dob nejstaršího zpracování kovů. Vždy se úzce vázalo na metalurgii kovů hlavně pro svoji vyšší výhřevnost než dřevo.

■ Jiří KMOŠEK ml.
Vojtěch KMOŠEK
Jakub KMOŠEK
Spolek archaických nadšenců, Sebranice u Litomyšle

Lidé na našem území se dřevěné uhlí naučili vyrábět již minimálně ve starším eneolitu pro své metalurgické a kovářské účely. Ve středověku se využití dřevěného uhlí rozšířilo i do hamrů, vysokých pecí a také dalších oblastí běžného života. Dřevěné uhlí se vyrábí metodou suché destilace dřeva, respektive tepelnou úpravou dřeva za omezeného přístupu vzduchu. Podle druhu použité dřeviny se lišily i vlastnosti dřevěného uhlí. Tvrdé dřeviny (dub, buk, jasan...) zajišťovaly vysokou výhřevnost a dlouhé hoření. U měkkých dřevin (smrk, borovice, lípa...) hrála roli snadnější zpracovatelnost na dřevěné uhlí, ale v praxi se pravděpodobně běžně sáhlo po dřevině, která byla momentálně k dispozici.

Do zavedení moderního způsobu výroby dřevěného uhlí v železných pecích se používala základní metoda pálení dřevěného uhlí v nadzemních milířích a to až do začátku 20. st. Milířů je několik typů, v zásadě jde o narovnanou hromadu dřeva, opatřenou izolační pokrývkou k zamezení přístupu vzduchu. Další možnou metodou užívanou spíše v pravěku a středověku jsou uhelné jámy, ale jejich používání není zatím s jistotou prokázáno. Záměrem našeho pokusu bylo přispět k diskuzi a případnému objasnění této problematiky.

Archeologická předloha

Na území Evropy bylo v průběhu minulého století nalezeno několik jam, které svým obsahem a tvarem můžeme řadit mezi tzv. uhelné jámy. Pro všechny nálezy je charak-



■ Obr. 3 Průběh vzhazování a rozrovnávání polen (výpal č. 3)

teristický válcový tvar a popelovitý zásyp spolu s kusy vypálené mazanice na kotlovitém dně jámy. Většinou se nacházejí ve větším počtu (2-3 nálezy) a jejich stáří se pohybuje od doby halštatské do pozdního středověku. Jako archeologický podklad pro naše experimenty posloužil nález dvou „uhelných jam“ z laténské *sídlíště v Praze-Bubenči*. V roce 1949 zde byly nalezeny dvě válcové jámy, s kotlovitým dnem o průměru přibližně 80 cm, zahloubené 145 cm do šterkové terasy a překryté 35 cm silnou vrstvou písčité hlíny. Objem jam činil necelých 0,7 m³. Stěny i dno pece byly tvořeny písčítým a šterkovým prostředím terasy a zárem byly vypáleny do červena do hloubky 5-8 cm. Na dně pece byla 30 cm silná popelovitá vrstva se zbytky dřevěného uhlí. Nad ním byly nahromaděny kusy vypálené mazanice velkých rozměrů, které vyplňovaly převážnou část jámy, zbytek jámy byl zaplněn šedavou splavenou

hlínou. Úlomky mazanice z jemné jílové hlíny, promíšené plevami byly na jedné straně vyhlazeny a na druhé straně nesly zřejmé otisky kulatého průřezu o průměru přibližně 12 cm. Podle střepů nalezených v zásypu byly jámy datovány do 1. st. př. n. l.

Cíle experimentu

Tento experiment je důležitý pro objasnění praktické stránky fungování uhelných jam. Představuje možné řešení výroby dřevěného uhlí v době železné, ale je uplatnitelný zároveň i v jiných obdobích pravěku a středověku. Hlavním cílem pokusu bylo zjistit základní vlastnosti a fungování technologie pálení uhlí v jamách, případně zjistit výtečnost dřevěného uhlí touto metodou. Dále jsme se snažili najít výrobní postup, který by se ve výsledku shodoval s archeologickou předlohou.

V době provádění experimentu jsme ale neměli v rukou žádné podklady dokumentující průběh jiných experimentů vztahující se k uhelným jamám. Podle našich zjištění se na české půdě jedná o pokus nový a z praktické stránky zcela neznámý a nevyzkoušený. Při provádění experimentu jsme se řídili pouze vlastní intuicí a za-

kládali si pouze na vlastním logickém úsudku.

Průběh experimentu

Experiment probíhal ve dnech 18.-26. 8. 2009 na půdě archeologického skanzenu Villa Nova Uhřínov pod Deštnou. Pro pálení byla zvolena louka na mírném jihovýchodním svahu se šterkoslínovým podloží.

Vyhloubeny byly dvě jámy hluboké 145 cm a široké 80 cm. Při pokusu bylo použito výhradně březové dříví různého stáří, nařezané s ročním předstihem na 30-50 cm špalky a volně uložené přes zimu na louce. Většina dřeva byla v důsledku špatného uložení silně napadená dřevokaznou houbou a silně provlhlá. Část špalků byla měsíc před pálením rozštípana na 1/5 polena a srovnána do štůsu, kde velice dobře proschla. Ostatní použité dřevo bylo silně navlhle a nestačilo po pozdějším naštípání zcela proschnout.

Při rekonstrukci tohoto výrobního postupu se nám nabízí několik variant, jak bychom mohli postupovat. Historické zprávy ze středověku a novověku a etnografická pozorování zmiňují dva možné způsoby zapálení. Za první pomocí středověkého vzduchového kanálku po zaplnění jámy dřevem, ten ale v našem případě nepřípadal v úvahu, kvůli malému průměru jámy, nebo druhý postup s vytvořením žhnoucí podkladu, na který se kladla polena.

Celkem bylo uskutečněno 6 pokusných pálení.

Výpal č. 1

Předehřev vlhké jámy proběhl velice dobře a oheň od počátku hořel rovnoměrným vysokým plamenem. Na žhnoucí podklad byla jáma zaplněna dřevem. Ve spodních 80 cm



■ Obr. 1 Předehřev jámy smrkovým kletím a drobným dřevem (výpal č. 2)

byla polena kladena vodorovně ve vrstvách a zbylých 60 cm zaplnily ve svislé poloze podlamující se k jižní straně. Následně byl otvor přeložen dřevěnými kulány, dále překryt listím a utěsněn vrstvou mazanice s 15 průduchy. Z otvorů v roštu vycházelo velké množství bílého štiplavého dýmu, který ke konci výpalu slábnul a měnil se na bílomodrý. Průduchy byly plynule regulovány a nakonec zcela utěsněny. Z jámy bylo po vychladnutí vyjmuta velké množství nezuhlených polen a dřevěné uhlí, vypálené v zužujícím se kuželovitém útvaru. Stěny jámy byly rovnoměrně pokryté vrstvou černých zplodin a mírně do hněda opálené.

Výpal č. 2

Předehřev ve vysušené jámě již probíhal rychleji. Na žhnoucí podklad byla všechna polena rozrovnávána ve vodorovně překládaných vrstvách s ponechanými mezerami u stěn. Snažili jsme se zaplnit jámu dřevem s co možná nejmenšími mezerami mezi poleny z důvodu dobrého přenosu tepla a co největšího výtěžku. V horních 50 cm vsázky byla použita nezuhlená polena z předchozího výpalu. Po zakrytí otvoru dřevohliněným roštem vycházelo z 30 průduchů velké množství hustého nažloutlého štiplavého dýmu. Se slábnoucím dýmem byl zmenšován i počet průduchů. Výsledkem bylo velké množství dobře vypáleného

uhlí a několik nezuhlených polen z hloubky 110 cm. Na dně jámy se nacházelo menší množství drobných uhlíků, promíšených s hlinou.

Výpal č. 3

V odpoledních hodinách se začalo s předehříváním čerstvě vyhloubené jámy č. 2. Oheň na dně jámy hořel velice dobře. Březová polena použitá k zuhlení byla nyní silně navlhla. Projevovalo se to silným štiplavým dýmem, který prodlužoval dobu plnění jámy. Otvor jámy byl po zaplnění dřevem překryt vertikálně posuvným dřevěným roštem o průměru 75 cm a utěsněn 4 hliněnými drny o síle 20 cm. Ve středu a na obvodu drnů byly ponechány dymné spáry. Již po několika minutách po utěsnění se dřevěný rošt po zatížení dospělým člověkem propadl o 20 cm. Pravidelné sešlapávání mělo pomoci rychlejšímu a efektivnějšímu zuhlení objemu jámy. Za slabého dýmání se po 12 hodinách horní 20 cm vrstva již hotového dřevěného uhlí rozžhnula a částečně spálila dřevohlinitý izolační rošt. Po utěsnění a vychladnutí se v jámě nacházelo velké množství vlažného kvalitního dřevěného uhlí.

Detailní průběh výpalu č. 4

Tento výpal byl nejuspěšnější v této sérii 6 výpalů, a proto jsem se rozhodl věnovat mu větší prostor. Zároveň bych



■ Obr. 5 Stav před položením izolačního roštu (výpal č. 4)

zde detailně přiblížil jeho průběh. Jednalo se v pořadí o 3. výpal v jámě č. 1. Stěny jámy byly po předchozích výpalech vysušené a částečně i vypálené. Počasí bylo nepříznivé pro pálení, slabě přšelo a převládala silná tlaková níže.

■ 22. 8. 2009

10:10 Předehřev zpočátku smrkovým kletím, později větviemi a menšími poleny. Ihned po zapálení se oheň projevuje velice dobrým tahem, plameny ze dna šlehají až 50 cm nad úroveň země (**Obr. 1**). Předtápí se lehce navlhklými poleny a JZ vítr občas sráží plamen zpět do jámy.

11:00 Polena na dně jámy žhnou ve 20cm vrstvě a hoří 1m vysokým plamenem. Celkem se na předehřev spotřebovalo cca 120 dm³ převážně odpadního a nekvalitního dřeva.

11:05 Na dně jámy je rozložena první vrstva polen, které jsou oproti předchozím výpalům značně navlhla z důvodu špatného uložení. Polena byla vhažována a dlouhým bidlem rozrovnávána ve vodorovných vrstvách.

12:45 Jáma je zaplněna do 2/3. Vzplanutí ohně a možnost přehledného vhažování dalších polen vyplňují dlouhé pomlky silného dýmání, zpomalující proces (**Obr. 4**). Je to zapříčiněno tlakovou níží a zároveň vlhkým dřevem, které pomalu chytá plamenem.

14:45 Jáma za stálého dýmání systematicky doplňuje dřevem až po okraj (**Obr. 5**).

15:00 Vrchní otvor byl zarovnan 8 vyschlými jasanovými kulatinami o průměru 8-12 cm a délce 130 cm, mezi kterými byly ponechány



■ Obr. 2 Rozdělování ohně na dně jámy (výpal č. 1)



■ Obr. 6 Dřevěné „kulány“, podpěry pro hliněnou izolační vrstvu (výpal č. 4)

3 cm mezery (Obr. 6). Na tento rošt byla položena vrstva listnatých větví, která zabránila následnému propadávání jílové mazanice, která tvořila poslední izolační vrstvu (Obr. 7). Do této hliněné 4 cm vrstvy bylo rovnoměrně po celém povrchu vytvořeno 23 otvorů o průměru 4 cm pro nasávání vzduchu, které zabránily přerušení procesu pyrolýzy. Proces pálení byl pravidelně kontrolován a v závislosti na vyhodnocení těchto základních ukazatelů (barvy kouře, množství kouře a uvolňovaného tepla v závislosti na čase) se přistupovalo k regulaci vzduchu utěšňováním otvorů v hliněném roštu.

17:00 Jáma dýmá stálým, ale již slabším bílým dýmem.

19:00 Počet otvorů zmenšen na 20 (Obr. 8).

21:30 Ve středu roštu utěšněny 4 průduchy, které produkovaly pouze teplo. Od této chvíle byla jáma kontrolována každou hodinu, barva kouře je ve tmě neznatelná.

23. 8. 2009

01:30 Dým slabne, bylo ponecháno pouze 11 průduchů po obvodu jámy.

03:20 Byly utěšněny všechny zbývající otvory hlinou a celý rošt byl následně kropen vodou. Předtím již jáma neprodukovala téměř žádný dým, pouze nasládlou vůni. Obsah jámy byl ponechán chladnutí.

■ 24. 8. 2009

08:00 Povrch hliněného roštu byl již chladný a nevysušený. Při rozebírání roštu bylo patrné, že jeho dřevěná část je po 3. použití z větší části



■ Obr. 7 Mazanice na lipových větvích, zabraňujících propadávání (výpal č. 4)

zuhlenu. Objem jámy poklesl o 45 cm a uvnitř byly dobře pozorovatelná celá zuhlenná polena v původní skladbnosti (Obr. 10).

08:15 Z vypáleného uhlí se při vybírání uvolňuje velké množství drobného dráždivého popílku. Na dně se nacházelo několik žhnoucích uhlíků, které byly po vyjmutí z jámy kropeny vodou. Jáma byla uvnitř vlažná, ve spodní části teplejší, ale po celou dobu bylo možno uhlí vybírat holou rukou.

09:15 Jáma je vyprázdněna, stěny jsou rovnoměrně pokryty černou dehtovou krustou a kompletně vypáleny do hloubky 1 cm. Celkem bylo vyjmuta 410 dm³ dřevěného uhlí o velikosti lískového oříšku až celých polen, několik nezuhlených polen a ze dna 30 dm³

mouru promíšeného s hlinou a malými kousky uhlí.

Výpal č. 5

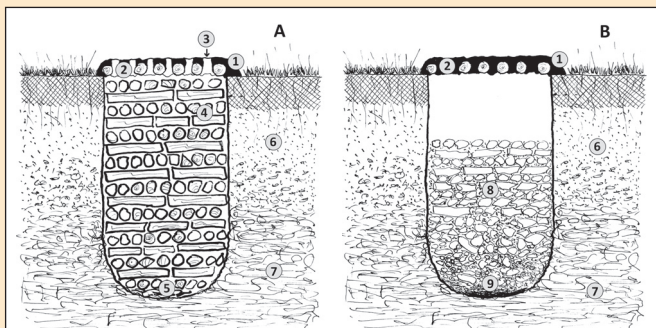
Pálení proběhlo v jámě č. 2 ihned po vyprázdnění po předchozím výpalu. Už od počátku ke špatnému udržení ohně přispívalo nepříznivé počasí (silný déšť a vlhko). Téměř 4 hodiny trval předehřev a zaplnění jámy vlhkým dřevem. Poté byl otvor utěšněn posuvným roštem s vrstvou drnů a průduchy v mezerách. Při tomto postupu, kdy je rošt v přímém kontaktu s obsahem jámy, je daleko lepší regulovatelnost proudění vzduchu a tudíž i rovnoměrnější zuhlení. Čistý bílý dým po 10 hodinách postupně slabne a objevuje se opět nasládlá vůně úspěšné pyrolýzy. Po utěšnění a vychladnutí se jáma vyprázdníla. Výsledkem bylo množství

Pokus	Datum	Jáma	Doba předehřevu (min)	Doba rovnání vsázky (min)	Doba výpalu (min)	Doba chladnutí (min)	Spotřeba dřeva na předehřev (dm ³)	Celková spotřeba dřeva (dm ³)	Celkové množství vypáleného uhlí (dm ³)	Mour a hlína (dm ³)	Nezuhlenná polena (dm ³)	Výtěžnost dřevěného uhlí (% z celkového množství dřeva)
1	18.-20. 8. 2009	1	90	25	655	1860	200	840	125	20	306	14,80
2	20.-21. 8. 2009	1	55	85	520	1155	120	760	388	24	32	51,00
3	20.-22. 8. 2009	2	90	105	810	1440	140	780	342	59	12	43,84
4	22.-24. 8. 2009	1	50	240	740	1740	120	760	411	27	17	54,07
5	22.-24. 8. 2009	2	85	150	760	1960	180	820	343	19	74	41,82
6	24.-26. 8. 2009	1	35	170	500	1200	90	730	0	45	0	0,00

■ Tab. 1 Parametry jednotlivých výpalů dřevěného uhlí v jamách



■ Obr. 4 Silné dýmání, zapříčiněné tlakovou níží a vlhkým dřevem



■ Obr. 12 Kresebné rekonstrukce řezu jámy v průběhu výpalu č. 4 A Stav po zaplnění jámy dřevem a položení izolačního roštu; B Stav po výpalu; 1 Hliněná vrstva izolačního roštu, 2 dřevěné „kulány“ nesoucí rošt, 3 vzduchové průduchy, 4 rozrovnaná polena ve vrstvách, 5 žhnoucí vrstva na dně jámy, 6 jílovitá vrstva podloží, 7 šterkoslínové podloží, 8 vypálené dřevěné uhlí, 9 drobné kousky uhlí a mour

kvalitního uhlí, v hloubce 95 cm se nacházela 30 cm vrstva nezuhlených polen.

Výpal č. 6

Cílem tohoto posledního výpalu bylo, se co nejvíce přiblížit výsledkem archeologickému podkladu (zbytky dřevěného uhlí a kusů vypálené mazanice na dně jámy a silné propálení stěn). Postupovalo se stejně jako u předchozích výpalů v jámě č. 1, pouze izolační rošt obsahoval 15 velkých otvorů (průměr 8 cm). Po dvou hodinách bez zasahování do průběhu výpalu se objevily dva impulzivní výšlehy ohně a objem dřeva (uhlí) poklesl na 50 cm pod okraj jámy. Dále se silný bílý dým střídá s občasným vzplanutím vsázky. Po 8 hodinách od zapálení již hotové dřevě-

né uhlí pouze žhne. Během 20 hodin veškeré dřevěné uhlí i dřevěné kulány ze zborceného roštu shořely.

Poznatky

V průběhu provádění experimentálních pálení dřevěného uhlí v jamách jsme zaznamenali několik faktorů, které znatelně ovlivňují průběh procesu výroby.

Během uskutečněných 6 výpalů jsme měli možnost sledovat **vliv počasí** na fungování technologie ve všech jeho variantách. Podlouhlý válcový profil jam a poměrně malý průřez otvoru se podílí na zvýšené citlivosti průběhu technologie při klimatických změnách. Zvýšená povětrnost měla za následek narušení plynulosti hoření a srá-

žení ohně do jámy. Později vítr skrze průduchy v roštu nerovnoměrně urychloval výpal a lokálně podněcoval vznícení vsázky. Výrazně se na chodu projevovalo i deštivé počasí a zvýšená vlhkost klimatu. V tomto případě se zhoršovalo hoření vlhnutí dřeva a zpomalovala se rychlost rovnání vsázky.

Období pálení bylo rozhodující pro dobrou kontrolovatelnost procesu. Ideální bylo začít s pálením v ranních hodinách a využít tak co nejvíce denního světla. Nejpříhodnější období pro pálení uhlí se jeví jarní a letní měsíce pro možné využití dlouhého světelného dne a malou vlhkostí klimatu. Lze ale předpokládat, že v minulosti se pro okamžitě potřeby hutí páliho v malém množství celoročně.

Prostředí pro pálení bylo důležité z hlediska výkopu jam, pohodlné dopravy surovin a klimatických podmínek. Na námi vybraném místě se šterkoslínovým podlozím šlo poměrně dobře vyhloubit dvě jámy, bez žádných komplikací. Malé závětrné údolí v blízkosti potoka a obklopené lesy dovozovalo snadnou dopravu vody, dřeva a ostatních surovin.

Volba dřeviny nehrála při pokusných výpalech ani tak důležitou roli, jako její stav. Kromě prvního výpalu jsme používali navlhle březové dřevo, což mělo za následek zhoršené hoření a zpomalení celého procesu. Při pálení jsme se omezovali pouze na březové špalky, které jsme měli k dispozici. Použít by se samozřejmě dalo téměř jakékoliv dřevo v různé kvalitě, záleží ale na následném způsobu využití uhlí.

Správné **rozrovnání a velikost polen** bylo důležité pro dobrý přenos tepla a rovnoměrné klesání vsázky. Při jednotlivých výpalech jsme se snažili polena rozrovnávat v jámě velice pečlivě, ale otázkou je, zdali je to nezbytné.

Polena vyskládaná na výšku neumožňovala plynulé klesání k vypálenému uhlí a při rozrovnání vznikaly velké mezery. Horizontální vyskládání polen v kolmo se překrývajících vrstvách již umožnila dobré klesání a pohodlné rozrovnávání. Velikost polen je omezena velikostí vnitřního prostoru jámy. Příliš velká polena neprošla úplným zuhlením (v lomu černohnědá) musela být použita při dalším výpalu. Ideální velikost polen byla do max. průměru 8 cm a délka se pohybovala od 30 do 50 cm.

Určité **množství vzduchu** je nezbytné pro úspěšné zuhlení dřeva. V našem případě bylo regulováno pomocí průduchů v hliněném roštu. Malé množství vzduchu (výpal č. 1) má za následek utlumení šíření tepla a nezuhlení některých vrstev nebo celé vsázky dřeva. Naopak přebytek vzduchu (výpal č. 6) způsobuje příliš rychlé zuhlení dřeva, doprovázené vznícením vsázky a velkými ztrátami dřevěného uhlí. Množství vzduchu se dá dobře regulovat podle barvy, množství kouře a uvolňovaného tepla vycházejícího z průduchů.

Opakováním experimentů se nám zvyšovalo množství zkušeností s danou technologií a zvětšovalo se i vypálení stěn jam, vedoucí k lepšímu výsledku.

Výsledky experimentu

Z 6 uskutečněných pokusných výpalů se nám kromě posledního vždy podařilo vyrobit určité množství dřevěného uhlí v celkovém objemu přes 1,6 m³. Spotřebovali jsme dohromady 0,9 m³ převážně méně kvalitního dřeva na předeřev a 3,7 m³ březových polen. Ve všech výpalech (kromě 6. výpalu) bylo výsledkem velice kvalitní dřevěné uhlí ve velikosti celých polen po velikosti lískových oříšků. Kvalita uhlí se hodnotila podle následujících



■ Obr. 12 Detail vypáleného dřevěného uhlí



■ Obr. 13 Profil jámy č. 2 po prvním výpalu

aspektů: uhlí v lomu bylo stříbřitě černé, při poklepání zvonilo, minimálně zanechávalo černou stopu a nehořelo plamenem. Nejúspěšnějším pokusem byl výpal č. 4, kdy jsme dosáhli 54 % úspěšnosti z celkového množství spotřebovaného dřeva. Jen pro srovnání – výsledek našeho výpalu milíře ve dnech 7.-13. 9. 2009 ve Valdštejnské Loggii v Jičíně: výtěžnost 32 % z 5,3 m³ dubového dřeva. Jednalo se o zmenšený milíř šumavského typu o průměru 3,5 m a výšce 1,8 m. Svisle vykládaná polena nad zemí do kuželovitého útvaru, pokrytá listnatými větvemi a zeminou byla zuhlena za 4 dny.

Při srovnání s archeologickým nálezem z Prahy-Bubenče byly jámy po 6 výpalech tvarově neporušené a neobsahovaly žádné dřevěné uhlí. Jáma č. 1 (4 výpaly) byla po posledním záměrně neusměrňovaném výpalu ve spodních 2/3 silně poznamenaná žárem. Stěny byly dočervena propáleny až do hloubky několika cm a na dně se nacházely fragmenty vypáleného hliněného roštu a vrstva popela. Přesný průzkum obsahu a propálení stěn jámy bude proveden až s časovým odstupem, s možností reálnějšího srovnání s archeologickým podkladem po vlivu působení přirozeného stárnutí. Jáma č. 2 (2 výpaly) byla poznamenaná červeným žárem pouze po výpalu č. 3 a to v pruhu o síle 3 cm v hloubce 40-60 cm. Zbytek plochy stěn byl slabě opálen dohněda do hloubky 1 cm. Povrch horní 1/3 jámy č. 1 a celý povrch jámy č. 2 na sobě nesl slabou černou dehtovou vrstvu.

Závěr

Výsledky experimentu prezentují jednu z možných metod výroby dřevěného uhlí v minulosti, ale v žádném případě neobsáhly všechny možnosti této výrobní technologie. Vytvořili jsme si představu o základních

vlastnostech a fungování technologie pálení dřevěného uhlí v uhelných jamách. Při posledním experimentu jsme se výsledkem velice přiblížili archeologické předloze.

Dřevěné uhlí vyrobené touto metodou je velice kvalitní a při výrobě se dosahuje efektivnějších výsledků, než u pálení v milířích. I praktikování této technologie se ve výsledku jeví méně fyzicky i materiálně náročné na obsluhování a provozování, než je tomu u milířů. Uhlíři byli schopni do 48 hodin v jedné jámě vyrobit až 0,45 m³ dřevěného uhlí. Pálení mohlo probíhat kontinuálně ve dvou či více jamách (jedna hoří, druhá chladne,...). Tuto „šetrnou“ technologii si můžeme i dost dobře představit v blízkosti samotných sídlišť či hutí, zajišťující stálý přísun menšího množství kvalitní suroviny. Podíváme-li se na pravěké či středověké sídlištní areály, určitě na některém z nich nalezneme odpadní jámu nebo obilné silo, které se svým charakterem shoduje s nálezem z Prahy-Bubenče. Třeba si stačí dát do souvislostí jiné možné praktické využití těchto objektů, než je udáváno.

Literatura

Borkovský I., 1949: Nálezová zpráva, Archiv AÚ Praha, čj. 6142/49
 Dragoun B., Matoušek V., 2004: Archeologický odkrytí uhlíště v Olbramově a experimentální pálení dřevěného uhlí v Uhřínově, Archeologie ve středních Čechách 8, str. 727-772
 Novotný B., 1952: Laténská pec z Prahy-Bubenče, AR IV, 275-278
 Pleiner R., 1958: Základy slovanského železářského hutnictví v českých zemích, str. 64-68, Praha
 Pleiner R., 2000: Iron in archeology, str. 116-123, Praha

Summary

Experimental charcoal-burning in pits.

This work describes experiments on charcoal burning in pits, based on a find from a La Tène settlement from Praha - Bubenec. The main aim of the project was to find a method of charcoal burning in pits which would leave the same traces as those uncovered by the excavations and determine the basic variables of the process.



■ Obr. 8 Průduchy v hliněném roštu v průběhu výpalu č. 4



■ Obr. 9 Chladnutí jámy po výpalu č. 4



■ Obr. 10 Pohled na zuhlená polena a stěny silně pokryté dehtem, výpal č. 4



■ Obr. 11 Průběh vybírání dřevěného uhlí z jámy po výpalu č. 2