

Vrtání broušených seker v neolitu. O úloze zkušenosti a dovednosti^{1,2}

Ačkoli broušení kamene známe již z moravského období lovců mamutů (gravettien), k výrobě dřevozpracujících nástrojů bylo využíváno až od počátku neolitu. I když vrtání kamene je známo nejméně od mladého paleolitu, teprve v neolitu nastoupilo použití dutého vrtáku. Proč, to je jasné. Otvor neměl sloužit k navlékání artefaktu na šňůru, ale k nasazení topírka na vrtanou sekeru nebo teslici. Bylo třeba otvoru daleko většího než kdykoli před tím. A dutý vrták šetřil čas i energii. Uvedená technologie ovšem zůstává v podstatě stále neznámá. Pro nedostatek archeologických dokladů. Pro časovou náročnost. Pro tvrdost v neolitu používaného kamene. Pro ztrátu naší schopnosti „přemýšlet rukama“. Ale také pro námi vytvořené bariéry v definici vědeckého experimentu v porovnání s pouhým získáváním pracovních zkušeností. Po sérii níže uvedených pokusů se nám už slovo „zkušenost“ nezdá být málo. Spíše naopak.

■ Jan KNOTEK

■ Radomír TICHÝ

Katedra archeologie FF,
Univerzita Hradec Králové

Archeologie o problematice vrtání kamene dutým vrtákem

Proces vrtání kamene dutým vrtákem není v archeologické literatuře jednoznačně hodnocen. Např. v nejnovější syntéze o neolitu

nenajdeme názor na řešení této technologie (Pavlů – Zápotocká 2007) a v poslední encyklopedii našeho pravěku její autoři (Sklénář – Sklenářová – Slabina 2002) pouze „předpokládají, že vrták byl tvořen nejspíše (dudou) bezovou větví“, ale vědí, že „pracovní plocha vrtáku musela být podsypávána brusným materiálem (pískem)“ (Sklénář – Sklenářová – Slabina 2002, 396). Naproti tomu starší a dnes již klasická práce o problematice kamenných nástrojů prvních zemědělců ve střední Evropě (Vencl 1960) má přesnější předpoklady. Autor sice uvádí, že „pod vrták byla podsypávána rozdrčená hornina nebo písek“, ale uvádí jej jako „poněkud navlhčený“. Dále autor uvádí předpoklad, že „podsypávaný materiál se vrýval do měkkého dřeva vrtáku a takto upevněn vytvořil vlastní řezný hrot“ (Vencl 1960, 9). Podle S. Vencla (Vencl 1960, 8–9) dosavadní pokusy mnoha badatelů umožňují alespoň hrubou rekonstrukci pracovního postupu:

1. Pracovní stopy na stěnách vrtů předpokládají rychle se otáčející dutý vrták. U neolitických kultur se běžně vyskytují otvory délky 20–40 mm o průměru 15–25 mm, výjimečně průměr 40 mm s vrtáním délky přes 70 mm. Nedokončená vrtání dokazují, že vývrtek nevznikal vždy.
2. Dutý vrták byl veden vodící deskou a shora zatížen pákovým zařízením. Osa vrtáku byla uváděna do pohybu spíše než pomocí tětiny střídavým tahem za omotaný provaz.
3. Spíše než kostěný byl vrták dřevěný, ten je zmiňován i z prostředí tzv. nákolních osad v roce 1958 (zlomek dřevěného vrtáku v nedovrtaném otvoru).
4. Pod vrták byla nasypávána mírně navlhčená rozdrčená hornina nebo písek. V nedovrtaném otvoru ze Želče u Žatce byla nalezena zrnka písku.
5. Po dokončení vrtání byl okraj spodního otvoru zpravidla olámaný (např. Dolní Přím



■ Obr. 16 Vrtání IV, metabazit typu Pojizeří, souprava materiálů a pomůcek vrtací soupravy

¹ Tento článek věnujeme panu Stanislavu Knotkovi st. (obr. 24), bez jehož nasazení by chybělo to podstatné. Totiž poznání.

² V článku jsou použity údaje z diplomové práce J. Knotka pod vedením R. Tichého (Knotek, J. 2009: Kamenná vrtaná industrie z východních Čech a jižní Moravy (Technologie vrtání ve vztahu k různým druhům materiálů), Diplomová práce, 72s., 10 obr. příloh, ulož. Historický ústav FHS UHK (dnes FF UHK). Hradec Králové 2009)



■ Obr. 25 Vyražený vývrtek, zelená břidlice typ Želešice, Muzeum Uherský Brod, i.č. 276



u Hradce Králové) a musel být upraven výstružníkem, aby nedošlo k poškození topůrka.

Tak si lze představit archeologický model, který byl testován pomocí níže uvedeného pokusu. Je dobré předeslat, že dosavadní pokusy archeologického experimentu výsledky srovnatelné s originály nepřinesly (Malinovi, obr. IV, 3).

Problémy řešení a předpoklady pokusu

I přes dochované tisíce otvorů na kamenné broušené industrii (KBI) z neolitu je problémem sestavit technologický řetězec vrtání dutým vrtákem, především proto, že se dochovalo jen velmi málo či spíše žádné z pracovních nástrojů k tomuto úkonu. Archeologický experiment se proto uskutečňuje především metodou pokusů a omylů, v tomto případě časově značně časově náročných. Pokusy předpokládají znalost surovin, znalost nedokončených vrtaných nástrojů (nedovrtané otvory a vývrtky) a manuální zručnost.

Nedovrtané otvory na KBI jsou známy v různé fázi rozpracovanosti (obr. 26), kdy na počátku je žlábek po dutém vrtáku relativně široký. To buď v některých případech

zůstává až do pokročilejší fáze vyhloubení otvoru nebo se odvrtný prostor zužuje až do předpokládaného „zakousnutí“ vrtáku. To mohlo být způsobeno nemožností vyměnit vrtací hlavu novou shodných rozměrů. Pak nezbylo než pokusit se nedokončený vývrtek z otvoru vyrazit (obr. 25). V takových případech se setkáváme v nejhlubším bodě dosavadního provrtu s úzkou pracovní stopou. Je otázkou, zda ji mohl zanechat dřevěný dutý vrták podsypávaný pískem či drcenou horninou.

Některé dokončené otvory jsou vedeny chybně šikmo k podstavě nástroje, velmi pravděpodobně nešlo o záměr výrobce, ale o důkaz stabilního upevnění vrtaného polotovaru, se kterým nebylo možné hýbat v průběhu práce. I to dosvědčuje skutečnost, že výměna vrtáku v průběhu práce nebyla možná. Nebo musela být provedena velmi exaktně.

Na základě těchto pozorování byly při sledu níže popsanych pokusů (I až IV) testovány následující hypotézy:

Hypotéza 1 – KBI musela být vrtána přinejmenším takovou surovinou, z jaké byly samotné artefakty, nebo



■ Obr. 26 Nedovrtané otvory neolitických broušených nástrojů, Muzeum v Hradci Králové, lokality Libišany a Lípa



■ Obr. 11 Vrtání III, zelená břidlice typ Želešice, suroviny do vrtací korunky – rohovec typu Krumlovský les I a II, obsidián, křemenec

surovinou s větší tvrdostí. V průběhu pokusů bylo mokré podsypávání odstraněno a nahrazeno drobnými kamennými korunkami ze surovin, které jsou zde uvedeny:

1. Silicity

V rámci pokusu byla použita z hlediska štípaní kvalitní surovina tradičně označovaná jako „pazourek“. Konkrétní materiál pocházel z oblasti pobřeží Baltského moře (obr. 16)

2. Rohovec typu Krumlovský les (KL)

Jde o nejvýznamnější druh rohoveců z jižní Moravy, které byly použity při zde popsaném pokusu. Podle získaných zkušeností je tato surovina použitelná pouze do hloubky vrtání 8–9 mm, po překročení této hranice začne docházet k problémům, které budou popsány níže (obr. 11, 15)



■ Obr. 15 Vrtání III, zelená břidlice typ Želešice, úštěpy rohovce typu Krumlovský les obroušené po použití ve vrtací korunce

3. Křemičité zvětraliny serpentinitů typu „plazma“

Plazma z primárních ložisek i z neolitických lokalit jihozápadní Moravy, která byla použita při pokusu, je k vrtání kamene vhodnější než rohovec typu I a II z Krumlovského lesa. Je tvrdší než rohovec a lze z ní vyrobit lepší úštěpy do korunky, která sloužila k vrtání. Pro experiment byla použita plazma z lokality Krumlovský les.

4. Rohovcové brekcie

Na našem území byl zatím zjištěn jediný rozsáhlý zdroj rohovcových brekcií, který byl v pravěku bohatě využíván. Jde o region Krumlovského lesa, kde jsou lokality rohovcových brekcií umístěné přímo v prostoru akumulace proslulejších rohoveců. Použity byly pouze tři kusy, a zdá se, že kvality této suroviny jsou srovnatelné s plazmou.

5. Vulkanické sklo – obsidián

Obsidián, který byl použit pro vrtání BI, pocházel z oblasti Zemplínských vrchů, k vrtání se však vůbec nehodil. Bylo to dáno křehkostí dané suroviny, která se při styku z metabazitem typu Pojizeří začne lámat a ztratí rychle vlastní břit, čímž je samotné vrtání artefaktu znemožněno.



■ Obr. 1 Postup vrtání pomocí zavěšeného setrvačnicku po 5,5 h práce

K pokusu byly zvoleny tři typické vrtané suroviny, ze kterých byla vyráběna vrtaná kamenná broušená industrie na jižní Moravě (ortorula amfibolit západní Moravy, zelená břidlice typ Želešice), a jeden druh suroviny z oblasti východních Čech (metabazit typu Pojizeří).

Hypotéza 2 – konstrukce vrtáku musela být jednoduchá a pevná s ohledem na značný tlak potřebný k vrtání. V průběhu série pokusů (I až IV) bylo nejlépe použito klasické předpokládané vrtací soupravy s možností jemného horního přitlaku nebo dokonce odlehčení. Řešení se soustředila na upevnění a výměnu kamenných ústěpů v korunce vrtáku.



■ Obr. 2 Vrtání I, navrtaný artefakt



■ Obr. 3 Konstrukce vrtací soupravy pro vrtání II a III



■ Obr. 4 Vrtání II, amfibolit, podoba konstrukce vrtáku a příprava křemenného abraziva

Pokus vrtání kamenné broušené industrie

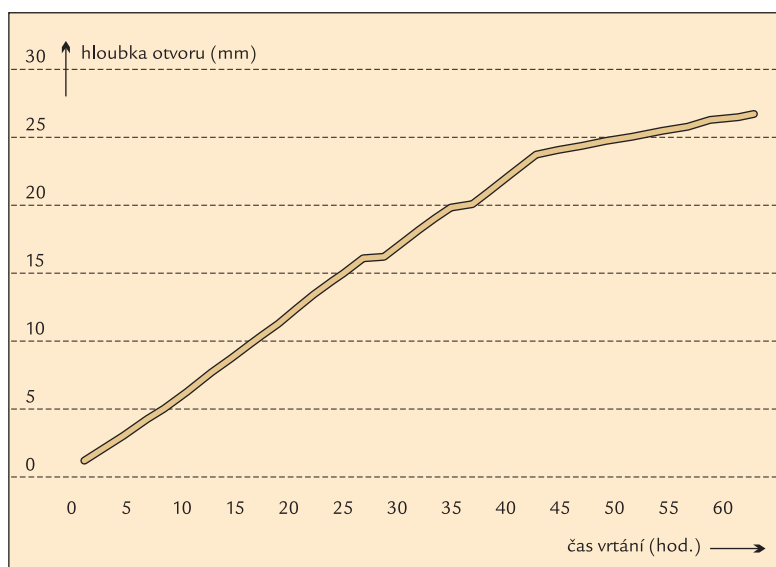
Pokus I. Ortorula („Rula“)

První vrtání vybraného materiálu probíhalo v období od března do května 2008. Pro začátek byl zvolen nejměkčí materiál, v tomto případě rula. Postup vycházel z předpokladu, že k vrtání je třeba velký tlak a abrazivo. Jako abrazivo byl použit nadrcený křemen o velikosti zrn do 1mm v průměru. Sestrojen byl vrtací stroj, který využíval váhy břemene s upevněnou vrtací korunkou z větve černého bezu (**obr. 1**). Ten má uvnitř otvor po „duši“, a může tak proto vznikat potřebný vývrtek při vrtání. Cílem nebylo pouze provrtat materiál, ale docílit i stejných pracovních stop po vrtání se stopami, které na sobě nesou pravěké artefakty. A s vedlejší produkcí tzv. vývrteků.

Břemeno, do kterého byla vrtací hlava upevněna, vážilo 132 kg a bylo vyrobeno z dubu. Na vrchní straně bylo tělo vrtacího stroje upevněno v čepu, který byl mazán tukem. Tento čep se pohyboval v překladu. Ten byl vyroben rovněž z dubového dřeva a využíval otvor, který přirozeně vznikl v době růstu stromu. Provrt měl být realizován tlakem na vrtací hlavu a abrazivem z křemene. Jako chladicí kapalina byla použita voda, která je v příslušné literatuře uváděna.

Již brzy po zahájení práce se začaly objevovat nedostatky vrtací soupravy. Nebyl dořešen pohon vrtací hlavy, která se musela roztáčet ručním otáčením dubového válce kolem své osy. Pomocí lidské síly bylo možné při vrtání BI vyvinout pouze malý výkon. Dalším podstatným problémem bylo drcení vrtací

čas (hod.)	hloubka (mm)	čas (hod.)	hloubka (mm)	čas (hod.)	hloubka (mm)	čas (hod.)	hloubka (mm)
2	1,0	18	10,0	34	18,6	50	24,6
4	2,0	20	11,2	36	19,8	52	24,9
6	3,0	22	12,4	38	20,0	54	25,2
8	4,1	24	13,6	40	21,2	56	25,5
10	5,2	26	14,8	42	22,4	58	25,8
12	6,4	28	16,0	44	23,7	60	26,1
14	7,6	30	16,2	46	24,0	62	26,4
16	8,8	32	17,4	48	24,3	64	26,7



■ Obr. 5 Čas potřebný k vrtání amfibolitu (poznámka: narůstání výkonnosti vrtání bylo umožněno zlepšením technologie vrtání; pokles výkonu v závěru vrtání je možno vysvětlit hloubkou otvoru, která ztěžuje práci)

hlavy způsobené váhou dubového přitlačného válce, který sloužil i jako setrvačnický celé vrtací soupravy. Během 5ti hodin vrtání došlo k destrukci vrtací hlavy, a proto musela být několikrát vyměňována. Navíc nebylo možné odstranit nechtěný pohyb vrtací hlavy. Přestože bylo použito přichytné prkénko, vmačkávalo se mezi ně a vrtací hlavu nadrcené abrazivo s vodou a znesnadňovalo otáčení kolem své osy. Voda a váha přitlačného válce navíc způsobily, že se v přídržném prkénku i samotném těle artefaktu vybrousil otvor po kterém se vrtací hlava pohybovala nekontrolovatelně, čímž přitlačné prkénko ztratilo svou funkci (**obr. 2**).

Pokus II.

Amfibolit západní Moravy

Podle instrukcí sestrojil Stanislav Knotek st. následující vrtací zařízení: Zařízení se skládalo z šesti kusů smrkové kulatiny o průměru 8 cm, délky 100 cm a jednoho kusu přitlačné a přídržovací kulatiny, která měřila 200 cm (**obr. 3**). Tři kusy a tři kusy byly od sebe vzdáleny 100 cm a byly zapuštěny 30 cm do země, přičemž 70 cm vyčnívaly nad terén. Prostřední kůly vyčnívaly nad terén pouze 50 cm. Na jednom kusu přitlačné a přídržovací kulatiny byly provedeny dvě úpravy. První z nich byl otvor, který přídržoval vrtací tyč a druhou byl zářez, který přídržoval kulatinu v podélném směru.

Na vrtací korunku byl použit černý bez a buková kulatina o průměru 17 mm, přičemž délka takto zhotoveného vrtáku byla 55 cm (**obr. 4**). J. Knotek několik let zastával názor, že v korunce k vrtání musely být zasazeny hroty. Ty měly být vyrobeny buď ze stejné suroviny jako byly doložené vrtané artefakty, nebo ze suroviny tvrdší. Proto byl jako možnost řešení použit rohovec typu Krumlovský les I. Nejtěžší bylo vyřešit problém upevnění ústěpů do vrtací korunky (**obr. 6**). Počet ústěpů byl pokusně stanoven na 8 kusů. Velikost rohovecových ústěpů byla 5 × 3 mm, tloušťka do 1 mm. Ústěpy rohovce byly uloženy proti sobě do kříže po 4 a 4 kusech. Lůžko pro vsazení rohovce vzniklo rozštípnutím dřeva pomocí silicitového ústěpu. Na základě údajů z odborné literatury

bylo použito při vrtání často zmínované abrazivo a voda. Velikost zrn v abrazivu se nacházela v intervalu 0–1 mm.

K pohonu vrtáku sloužil dřevěný rám s tětivou, na kterou byl upevněn zmíněný bukový dřík s korunou vrtáku. Za tětivu sloužil provaz nebo řemínek z vyčiněné kůže. Průměr provazu měl 5 mm, a především musel mít kulatý průměr, protože se tětivy příliš opotřebovávají třením nejen o sebe, ale také o vlastní tělo bukové tyče.

Protože docházelo k prokluzování vrtáku, bylo použito mazání tětivy smolou. Tím ale docházelo k jejímu třepení a se zvyšujícím se tlakem i k jejímu přetržení. Dalším problémem, který se objevil, bylo zařezávání tětivy do vlastního těla vrtacího zařízení. Vrtání se tím značně ztížilo.

Vrtaný kus suroviny amfibolitu západní Moravy o síle 27 mm byl při vrtání upevněn pomocí dřevěných kolíků zatlučených do země (**obr. 3**). Již během prvního vrtání se ukázalo, že se tělo vrtáku po artefaktu pohybuje ze strany na stranu. To vyřešilo použití dřevěného přitlačného prkénka s otvorem pro vlastní vrtání. Prkénko bylo upevněno kolíky do země nad artefaktem.

Později bylo raději upevňováno asi 7–10 mm nad vrtaný artefakt, protože při používání vody a abraziva nabobtnalo, došlo ke zmenšení vymezovacího otvoru v něm, a tím i k znemožnění samotného vrtání artefaktu.



■ Obr. 7 Rozštípnutá vrtací korunka, vrtání II (pohled zvenčí a zevnitř)



■ Obr. 6 Vrtání II, amfibolit, umístění ústěpů rohovce typu Krumlovský les do vrtací korunky a detail otvoru pro čep vrtáku v přitlačném břevnu vrtací soupravy





■ Obr. 8 Vrtání II, amfibolit, detail otvoru a opotřebení vrtací korunky při použití křemenného a rohovcového abraziva a vyvrtaný otvor s vloženou vrtací korunkou a vývrtkem



■ Obr. 9 Vrtání II, amfibolit, vrtací korunka po 64 hodinách práce při použití mokrého abraziva



■ Obr. 12 Vrtání III, zelená břidlice typ Želešice, nahoře otvor po 25 hodinách práce, dole pohled na spodní část s otvorem a vsazenou vrtací korunkou a vývrtkem



■ Obr. 13 Vrtání III, zelená břidlice typ Želešice, vrtací korunka s vývrtkem

Vlastní vrtání probíhalo tak, že pohonným dřevěným rámem museli pohybovat dva lidé. Jeden člověk by samotné vrtání při použití této technologie nezvládl. Mezi vrtací korunkou a vrtaný artefakt byly přidávány již zmiňované abrazivo a voda. Asi po 35 hod práce se ukázalo, že množstvím spotřebované vody a abraziva docházelo k rozměnění vrtací korunky a jejímu roztřeštění (obr. 7), a tak docházelo i ke ztrátě rohovcových úštěpů.

Při druhém pokusu vrtání jsme zmenšili podíl vody. Postupem doby se také ukázalo, že vznikající otvor v artefaktu je nutně jednou za 10–15 minut čistit, neboť střed vrtací korunky se zanáší odpadem z vrtaného materiálu a rozemletým abrazivem a dřevěnými částčkami z korunky. Dále se ukázalo, že když se dřevěný vrták namáže tuhým lojem, který se pohybuje v přítlačné a přidržovací kulině nahoře na jeho vrcholu, nedochází k vibracím celé vrtací hlavy a zvýšenému tření. Tímto zlepšením se vrtání podstatně z kvalitnilo. Délka vrtáku se po 2 hodinách usilovného vrtání zkrátila o 2,6 mm, což bylo oproti předcházejícímu vrtání ortoruly podstatně méně. K tomu přispělo zasazení rohovcových úštěpů do vrtací korunky a omezení přísunu vody.

Provrtní námi zvoleného artefaktu z amfibolitu západní Moravy bylo dosaženo za 64 hod. vrtání (obr. 5), délka vývrtku byla 26,7 mm (obr. 8, 9, 10). K tomuto času musíme ještě přičíst dobu potřebnou na štípání rohovcových úštěpů, jejich vsazení do korunky a její následnou úpravu. Tento čas tvořil

přibližně stejný časový úsek jako samotné vrtání.

Pokus III.

Zelená břidlice typ Želešice

Při vrtání byla opět použita korunka se zasazenými rohovcovými úštěpy (obr. 11). Voda byla podlévána jen málo, přibližně jen 3–5 kapek, tím nedocházelo k rozměnění korunky. Navrtaný materiál byl z otvoru odstraňován svázanými štětinami.

Během 2 hodin práce bylo zpočátku možné vyvrtat v surovině otvor do hloubky 1,4 mm, později 2 mm. Ukázaly se rozdíly oproti amfibolitu západní Moravy. Projevilo se i to, že nebyla k dispozici kvalitní surovina přímo z lomu Želešice, ale byla použita surovina složená před vstupem do lomu. Ta mohla být znehodnocena způsobem těžby, tedy řízeným odstřelem, což se může projevit mikroskopickými trhlinkami, v úvahu musíme vzít i zvětrávání materiálu.

Zřejmě v důsledku těchto skutečností se při vrtání z otvoru postupně vyštípaly tři kusy vývrtku (obr. 14), což vždy po určitou dobu znesnadnilo samotné vrtání, neboť středový vývrtok plní zároveň funkci vymezovacího „kolíčku“ na středu provrtu. V průběhu tohoto vrtání vznikla hypotéza o funkci artefaktu označovaného jako výstřezník. Ten se mohl používat jako nástroj, jehož účelem bylo opracovat a ohladit rohovcové úštěpy s částí dřevěné hmoty v korunce. Pokud by k těmto úpravám nedošlo, znemožňovalo by to další práci při vrtání artefaktu. Rovněž nalézané pískovcové brousky se



■ Obr. 14 Vrtání III, zelená břidlice typ Želešice, při vrtání jediného otvoru vznikly postupným odlomením tři vývrtky

mohly používat na opracování vnějšího i vnitřního pláště vrtací korunky, neboť ani zde nesmí docházet ke zvýšenému tření.

Při vrtání kamene typu Želešice byl pro ústěpy korunky použit sběrem získaný materiál (jednalo se o sběr z katastru Kordula – Rešice), který patrně pocházel z Krumlovského lesa typ I. Při dané práci (pokus III) tato surovina nesplňovala požadavky na kvalitu vrtání. Nejen že se špatně štípala ve fázi přípravy, protože byla ve své podstatě surovina již vytěžena, ale objevily se i jiné faktory, např. nestejnorodost dané suroviny. To vedlo k úvaze, zda je vůbec surovina typu Krumlovský les varianty I pro pokusné vrtání vhodná. K řešení došlo až v průběhu pokusu číslo IV. Přesto uvedené sběry přinesly cenné zdroje, protože bylo na již zmíněném katastru Korduly – Rešic nasbíráno i několik kusů obsidiánu, který byl několikrát, ovšem neúspěšně, použit právě na vrtání kamene typu Želešice.

Vrtání zelené břidlice typ Želešice trvalo celkově 25,5 hodiny,



■ Obr. 10 Vrtání II, amfibolit, vývrtek s defektním vrcholem

z jedné strany šlo o provrt hloubky 43,5 mm, z druhé strany hloubky 41 mm (obr. 12).

Pokus IV. Metabazit typu Pojizeří

Již koncem pokusu III došlo k dalšímu zlepšení vlastností vrtací soupravy. Konkrétně šlo o zvětšení průměru vrtací tyče, a to ze 17 mm na 28–30 mm. Délka vrtací tyče opět dosahovala 55 cm, ale bukový dřív byl vsazen 5 cm do hloubky bezové tyče a vyčníval z ní jen 3 cm (obr. 18). V důsledku zvětšení průměru vrtáku došlo ke snížení otáček na jeden tah dřevěného rámu, ale také k většímu záběru vrtací tyče. Především se však podařilo odstranit prokluzování tětiny, nedocházelo k jejímu poškozování a ani se nezařezávala do bezové tyče, která tvořila tělo vrtací korunky. Dalším významným faktorem bylo i to, že se tětina nemusela tolik napínat. Zcela tak bylo odstraněno používání kalafuny pro mazání tětiny. Kvalitu vrtání výrazně ovlivnilo také to, že přestalo být používáno namleté abrazivo a z procesu vrtání byla zcela vyloučena voda. Vrtání artefaktu tedy probíhalo v prašném prostředí. Proto bylo potřeba otvor průběžně čistit pomocí dřevěného trnu a vyfoukávat.

V průběhu vrtání metabazitu typu Pojizeří bylo nutno řešit ještě jeden důležitý faktor, a to pohybování a vyvíkávání čepelek v lůžkách vrtací korunky. Po delším vrtání artefaktu totiž začaly totiž korunky vypadávat. Doba vrtání se pohybovala od 20 do 35 min. Docházelo ale k úbytku kvality upevnění. První nasazení rohovcových ústěpů do vrtací tyče bylo nejkvalitnější, druhé vsazení již tak pevně nebylo a každé další vsazení se stávalo



■ Obr. 17 Vrtání IV, metabazit typu Pojizeří, zabroušení a osazení ústěpů SGS do vrtací korunky



■ Obr. 18 Vrtání IV, metabazit typu Pojizeří, konstrukce nového vrtáku

pro vymačkání bezové korunky neproveditelným. Za této situace byla hloubka provrtu 9 mm na vyšší straně kamene a na nižší činila 6 mm. Problém částečně řešilo stahnutí pracovní části vrtací korunky koženým řemínkem.

Dalším opatřením bylo použití silicitů glacienních sedimentů (SGS) k výrobě úštěpů vrtací korunky. Délka úštěpů byla 8–10 mm, jejich síla

se pohybovala od 1–3 mm, přičemž jejich šířka byla 3–5 mm (**obr. 16**). Vsazené úštěpy z SGS byly navíc vhodné pro vrtání z toho důvodu, že byly tvrdé a zároveň i křehčí než rohovec. Pokud při vrtání metabazitu typu Pojizeří narazily na překážku, vyštíply se, tím se zároveň i ostřily a lépe artefakt vrtaly. Jejich štěpinky mnohdy vylétaly z vrtaného otvoru s i malým množstvím prachu, který vznikl drcením obou materiálů. Korunky připravované ze silicitů se navíc daly snadněji zabrousit pískovým brouskem, a to jak vně, tak i uvnitř vrtací korunky. J. Knotek zastává názor, že pískovcové výstružníky, které jsou archeologicky doložené, sloužily právě tomuto účelu (**obr. 17**). Zabrašování celého vnitřního otvoru v korunce, který podstatně ovlivňuje kvalitu vrtání a proces vzniku odpadu, je velice důležitou složkou vrtání dutým vrtákem. Jestliže se provede nedostatečně, může být celá práce zmařena, protože středový vznikající vývrtek je současně částečnou vymezovací osou vrtání.

Při vrtání je též důležité upnutí zpracovávané suroviny. Pokud se při vrtání surovina vymezovacími kolíky jednou upne, nesmí se s ní již pohnout, protože by to při dalším vrtání činilo značné potíže.

Výroba bezové vrtací korunky se v průběhu pokusu změnila. Při pokusu II., III. a IV. byl širší konec používán spíše k tomu, aby byl do něj vsazen bukový čep, později byl silnější konec větve spíše využíván pro vrtací korunku. Tento postup využívá i toho, že na širším konci tvoří lehce odstranitelná duše větší podíl objemu větve. Jinak by bylo nutné odstraňovat z vnitřku vrtací korunky více hmoty obtížněji upravitelného dřeva. Pokud bylo vyrobeno najednou větší množství vrtacích tyčí, bylo nejtěžší vycentrovat všechny tak, aby měly stejný průměr při zasazení SGS. Velmi obtížné bylo najít pro výrobu vrtacích tyčí stejně rovné bezové větve se stejným průměrem.

Se zasazenými vrtacími úštěpy bylo možné pracovat asi 60 min, poté se čepelky obrousily natolik, že bylo nutné je vyměnit. Práce na výměně čepelky trvala asi 120 min. Přesto se po třetím použití už velice těžce upevňovaly, a tak bylo nutné

zkrátit vrtací tyč asi o 10 mm. Bylo vyzkoušeno i upevnění silicitových úštěpů pomocí březového dehtu a převařeného borové smoly. Pevně uchycené úštěpy SGS se však postupně vydrolovaly. Navíc, vydrolená hmota se pohybem dostávala na dno i stěny vrtaného artefaktu. Zde se vytvořila tenká vrstvička, která pevně ulpěla na místech, kde se pohybovaly vrtací čepelky. A zamezovala vrtání.

Důležitým faktorem pokusu byl cit pro přítlak vrtání, který by mohl ovlivnit čas potřebný k práci. Ale velkým tlakem se úštěpy na dolní straně příliš vychylovaly a nadměrně začaly obrousovat středový vývrtek na vnitřní straně, totéž se dělo i na venkovní straně provrtu a začaly se na něm vytvářet rýhy od konců úštěpů.

Metabazit typu Pojizeří byl vyvrtán do hloubky 27 mm, vyvrtaný průměr činil též 27 mm. Práce zabrala 78 dní (**obr. 22, 23**) při směnách přibližně 6 hod. denně (**obr. 21**), celkem přibližně 500 hodin včetně času stráveného přípravou a opravami vrtáku. Vývrtek, který vznikl, měl výšku 25 mm, horní průměr 14,5 mm a dolní průměr 10 mm. To bylo způsobeno změnou materiálu k výrobě úštěpů pro vrtací korunky, v hloubce vrtaného artefaktu 24,5 mm totiž došel SGS, a proto byl opět používán rohovec typu Krumlovský les varianta I.

Závěry pokusu

1. Hladký průvrt a vývrtek vznikl i v průběhu pokusu, při němž bylo využito kamenných (pazourkových) korunek zapuštěných na konci hlavy dřevěného vrtáku vyrobeného z bezové hůlky s upraveným vnitřním průměrem. Je možné, že známé pískovcové výstružníky sloužily k úpravě vnitřního průměru vrtáku, která je nutná, a k zabrašování kamenných korunek vrtáku.

2. Máčení vrtaného otvoru při tomto pokusu se neosvědčilo. Dokonce lze mluvit o „prašném“ postupu vrtání. Nadměrné máčení změkčovalo dřevěný vrták, který neudržel kamenné korunky.

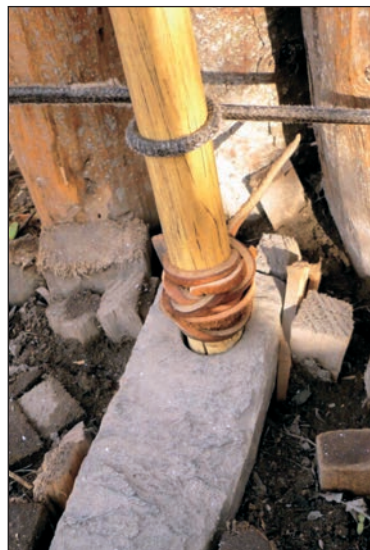
3. Především v počáteční fázi vrtání musel být vrták držen vodící deskou. Později to nebylo nutné.



■ Obr. 19 Vrtání IV, metabazit typu Pojizeří, stažení hlavice vrtáku koženým řemínkem



■ Obr. 20 Vrtání IV, metabazit typu Pojizeří, vrtací korunka se vsazenými úštěpy SGS



■ Obr. 21 Vrtání IV, metabazit typu Pojizeří, postup vrtání (vlevo celkový pohled, vpravo detail vrtáku)

4. Přitlačování vrtáku nebylo nutné. Směr vrtáku sice musela držet páka dřevěné konstrukce, především proto, aby se neměnila poloha osy vrtáku, ale často šlo místo přitlačování o to ji odlehčit.

5. Po celou dobu musel být vrtaný kámen upevněn v neměnné poloze. Tomu odpovídá i občas se vyskytující šikmý směr provrtu originálních broušených nástrojů, které tak v průběhu práce nemohly být kontrolovány.

6. Mnohé archeologicky doložené nedovrtané otvory lze spíše považovat za zmetky. Často se příliš zúžil otvor a bylo lepší snažit se znovu o průvrt jen s mírně kónickými stěnami než upravovat „zakouslý“ vrták.

7. Navržený způsob vrtání nemusí nijak odporovat archeologickým

dokladům. Zbytky mikrolitických korunek opotřebovaných vrtáním jsou při archeologickém výzkumu snadno přehlédnutelné (obr. 15), podobně jako drobný odpad vzniklý při experimentu otloukání polotovarů kamenných broušených nástrojů (Tichý – Drnovský 2007). Doklady dílen pochází téměř výhradně z povrchových sběrů, kdy nelze počítat s možností získání tak malých zlomečků siliců, i kdyby byly na lokalitě obsaženy. Podmínky výzkumu na jedné z prvních skutečně odkrytých dílen (Macháčková – Prostředník 2001) byly komplikované, tedy bez plavení materiálu. Na základě zkušenosti s výsledky plavení na neolitické lokalitě u Mohelnice je nutno říct, že získaný materiál by byl beztak obtížně rozpoznatelný bez mikroskopického sledování. Nedovrtané artefakty známe ze starších ojedinělých nálezů mimo původní kontext,

kdy je neprofesionální nálezci jistě „vyčistili“. Zajímavým příkladem přítomnosti písku z nedovrtaného nástroje zůstává Venclem (1960, 9) zmíněný kus ze Želče u Žatce. Jde však o pozorování zatím ojedinělé. Musíme připustit i možnost, že jde o druhotné znečištění artefaktu, které se samotným vrtáním nemuselo souviset.

8. Osvědčilo se použití bezové tyče ve funkci vrtáku používané v celé délce, při kombinaci bezové hlavy se slabší hůlkou docházelo k praskání hlavy vrtáku (obr. 7).

9. Časy zjištěné v průběhu pokusů jsou orientační a nelze z nich činit závěry. Sloužily především k porovnávání zvolených metod vrtání. I tak je na časových měřeních patrné, že „zkracují“ čas předpokládaný pro výrobu vrtaných broušených kamenných nástrojů v období



■ Obr. 22 Vrtání IV, metabazit typu Pojizeří, provrt po 75 hodinách práce (vlevo) a 135 hodinách práce (vpravo)



■ Obr. 23 Vrtání IV, metabazit typu Pojizeří, čištění otvoru při vrtání za sucha a bez použití abraziva

neolitu. V případě nejhrouževnatějšího metabazitu typu Pojizeří jsou časy potřebné k vrtání stále vysoké.

Zkušenost jako cíl nebo cíl bez zkušenosti?

Přestože v zásadě parametry uvedených pokusů odpovídaly pojetí vědeckého experimentu (Reynolds 2001), není cílem jeho podstatu na tomto místě kategorizovat. Za nejvýznamnější parametr považujeme získání zcela nového typu zkušeností daných použitím kamenných korunek při vrtání otvoru broušených kamenných seker. Význam zkušenosti ve vztahu k experimentu byl u nás v minulosti bagatelizován (Smetánka 2003), nově (Čáp – Macháček – Špaček 2011) se však setkáváme s pochopením jejího významu, a to i v zahraničí (Cunningham – Heeb – Paardekooper (eds.) 2008). Zatímco výše popsaná série pokusů přišla s mnohými řešeními, konkrétní podoba jediných archeologicky srovnatelných artefaktů – v našem případě vývrteků – ještě zcela neodpovídá originálům. Proto by bylo reálné zařadit tyto pokusy mezi pre – experimenty v dané problematice.



■ Obr. 24 Stanislav Knotek st. a Jan Knotek se svojí vrtací soupravou (foto: obr. 1 až 23, 25 Lenka Kordinová, obr. 24 R. Tichý, obr. 26 V. Proušek)

I tak si zaslouží následující ohodnocení: pokusy měly jasná tvrzení o cílech a hypotézách, odpovídaly použitými materiály, zůstávají (byť obtížně ne vinou tohoto pokusu) opakovatelné. Vliv proměnných je kontrolovatelný i přes významný podíl současného člověka v pokusu. Právě cit pro práci s vrtací soupravou činí pokus jedinečným. Vztah výsledků pokusu k archeologickým datům má svoje rezervy, jak bylo uvedeno výše. Odchytky od originálních dokladů jsou však menší než v dosavadních případech. Tento příspěvek je tak protiváhou dokonale definovaných archeologických experimentů, které však výsledky nepřinesly.

Použitá literatura

- Cunningham, P. – Heeb, J. – Paardekooper, R. (eds.) 2008: *Experiencing Archaeology by Experiment*. Exeter
- Čáp, P. – Macháček, J. – Špaček, J. 2011: Tajemství výroby velkomoravského šperku. Archeologický experiment. Praha
- Macháček, L. – Prostředník, J. 2001: Záchraný výzkum neolitického výrobního okrsku v Ohrazenicích, okr. Semily. Pravěk – Supplementum 8, 140–190.
- Malinovi, J. a R. 1982: Vzpomínky na minulost aneb Experimenty odhalují tajemství pravěku. Ostrava, 147
- Pavlu, I. (ed.) – Zápotocký, M. 2007: Archeologie pravěkých Čech 3. Neolit. Praha
- Reynolds, P.J. 2001: Povaha experimentu v archeologii, Rekonstrukce a experiment v archeologii 2, 153–164
- Sklenář, K. – Sklenářová, Z. – Slabina, M. 2002: Encyklopedie pravěku v Čechách, na Moravě a ve Slezsku. Praha.
- Smetánka, Z. 2003: Archeologické etudy. Praha, 120–128
- Tichý, R. – Drnovský, V. 2007: Počátky v experimentálním zpracování surovin z Jizerských hor užívaných v neolitu. Otázky neolitu a eneolitu našich zemí 25, 83–92. Hradec Králové.
- Vencl, S. 1960: Kamenné nástroje prvních zemědělců ve střední Evropě. Sborník Národního muzea 14.

Summary

Drilling of polished axes in the Neolithic On the role of experience and skill

The article describes a set of four experiments with drilling of Neolithic polished tools using authentic materials with following results:

1. A smooth hole and core was created during the experiment when a tubular wooden drill made from elder with stone (flint) drill bits was used. It is possible that sandstone round files were used to prepare the inner hollow of the drill and to sharpen the flint drill bits.
2. Wetting of the drilled hole was not helpful. It is even possible to speak of 'dusty' drilling. Wetting softened the wooden drill which then would not hold the stone bits.

3. Especially at the beginning, the drill had to be held by the bearing board, later this was not necessary.

4. Pushing the drill down was not necessary. The direction of the drill was held by a lever of wooden construction so that the position of the axe of the drill did not change but often it was possible to lighten it rather than push it down.

5. All the time the stone to be drilled had to be fixed in a constant position. This corresponds with the occasionally inclined direction of drilling found in the original artifacts which could not be fully controlled during working.

6. Many archaeologically documented unfinished holes are probably failures. Often the hole became too narrow and it was possibly easier to attempt a new hole rather than to correct a 'stuck' drill.

7. The suggested way of drilling does not contradict archaeological evidence. Remains of microlithic bits worn by drilling are easy to miss (Fig. 15), similarly the waste created during the experiment on preparing of roughouts of polished stone tools (Tichý – Drnovský 2007). Evidence of workshops originates nearly exclusively from field walking where it is not possible to count on finding such small fragments of silicites even if they were present. The conditions of the excavation on one of the first properly excavated workshops (Macháček – Prostředník 2001) were complex, with no floatation. On the basis with experience with the results of floatation on the Neolithic site of Mohelnice it is necessary to say that the material is very difficult to recognise without microscopic analysis. Unfinished artifacts are known from old isolated finds without original context and we can presume that they were cleaned by their finders. An interesting example of the presence of sand in an unfinished artifact is a find from Želč near Zatec mentioned by Vencl (1960, 9). This find is, so far, unique. We have to consider the possibility that it may represent secondary intrusion which has no relation to its original working.

8. It proved advantageous to use a single elder stick for the drill, combination of a 'drilling head' with a thinner stick leads to breakages of the head (Fig. 7).

9. Times measured during the experiments are for orientation only and it is impossible to make any conclusions. They served to compare the chosen methods of drilling. Nevertheless it is possible to see that they shorten the time generally presumed for making drilled stone polished tools in the Neolithic.

Although the parameters of the experiments in principle corresponded to the methodology of a scientific experiment (Reynolds 2011), it is not our aim here to classify its basis. Nevertheless it deserves the following evaluation: the experiments were based on clear aims and hypothesis, they corresponded with materials used and they are repeatable. The influence of variables was controllable despite the great role of the experimenter. The feeling for the work with the drill makes this experiment unique. The relation between the conclusions of the experiment and archaeological evidence is not without problems as mentioned above but the differences from original evidence is smaller than in earlier cases.