

Experiment s vrtáním mramorových náramků

Práce se snaží rekonstruovat výrobní řetězec mramorových náramků z období neolitu na základě starších i nových poznatků z těžebních polí na Bílém kameni u Sázavy a z dokladů jejich výroby na sídlištích. Dále navrhuje řešení vrtání mramoru vrtákem ze stehenní kosti hovězího dobytka a dokládá jeho proveditelnost několika úspěšnými pokusy.

■ Radomír TICHÝ
Iva DOHNÁLKOVÁ
Martin DRAHORÁD
Karel KUČÍREK
Stanislav LUKŠ

Prameny k sestavení řetězce výroby neolitických náramků z mramoru představují doklady těžby z lomů na Bílém kameni u Sázavy (Žebera 1939; Burgert – Přichystal – Davidová 2020) a vývrtky z jejich výroby ze sídliště a samotné finální výrobky ze sídliště a hrobů (Zápotocká 1984). Nově (Burgert – Přichystal – Davidová 2020) se z těžebních areálů podařilo doložit poškozené štípané polotovary. Celý výrobní řetězec je tedy zatím prostorově rozdělen na místo těžby a štípaní polotovaru a na místo vrtání a konečného opracování náramku na vzdálených neolitických sídlištích. Těžební areál k získání mramoru leží na základě dosavadních poznatků mimo starou

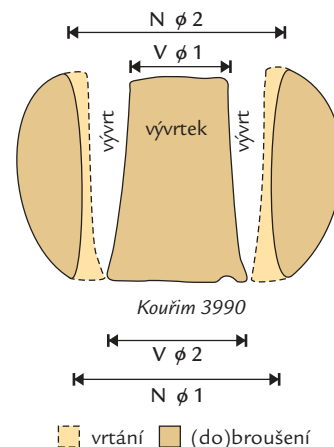
sídelní oblast. Možnou roli hrála těsná blízkost řeky Sázavy jako komunikační i dopravní tepny.

Nový výzkum na Bílém kameni (Burgert – Přichystal – Davidová 2020) přinesl řadu důležitých poznatků. Zatímco se jedná o dosud jediné doložené místo těžby mramoru, jde zároveň o odlišný typ suroviny než jsou známé nálezy ze sídliště a pohřebiště.

Cílem této stati je rekonstruovat hlavní výrobní technologii neolitických náramků, kterou představuje vrtání navazující na předchozí pokusy (tab. 1, Tichý 2018; 2019; 2020; Tichý et al. 2021b).

Konstrukce experimentu a výrobního řetězce

Archeologické doklady výroby mramorových náramků jsou ještě torzovitější než v případě zpracování vrtaných seker z metabazitu typu Jizerské hory. Chybějí mramorové polotovary ve finálním stavu před broušením. Chybějí nám i nedokončené vývrty, a proto i šířka mezikruží mezi stěnou otvoru a vývrtekem. O dutém vrtáku naštěstí hodně prozrazuje stopa započatého vrtání na vývrtku číslo 3990 z Kouřimi (Zápotocká 1984, 26:2). Otvor jistě nevznikal oboustranným vrtáním. Vývrtky jsou totiž kónické a v délce, která dosahuje síly finálního náramku (tab. 2). Chybějí dokončené vývrty. Ty, které ještě nejsou zdaleka



■ Obr. 1 Schéma vývrtního otvoru (čárkovaně) a finální podoby náramku v řezu s vyznačením počátečního vrtání na spodní straně vývrtního otvoru z lokality Kouřim (překreslil Ondřej Štulc podle RT).

finálním náramkem. Vrtaný náramek má specifickou konstrukci (obr. 1). Užší strana vyvrtaného otvoru byla zevnitř zaoblena. Dílem možná kvůli pohodlí jeho nošení, dílem asi kvůli nutnému rozšíření otvoru, který se zužuje. Výsledný náramek přesto nemá obě strany otvoru shodné. Kónický tvar otvoru zůstává na rozměrech



■ Obr. 2 Broušení kusu mramoru na brusku z hořického pískovce; za 16 h 50 min bylo odbroušeno 3142 g s cílem upravit sílu kamene na rozměr hloubky budoucího otvoru (foto MD).

Souhrn experimentů s vrtáním 2019–2021	max. hloubka otvoru max. depth of hole	dobu vrtání time of drilling	spotřeba vrtáků consumption of drills	počet vrtáků number of drills
vrtání mramorových náramků	249 mm	71 h 57'	658 mm	22
vrtání bez měděného vrtáku, pokusy č. 23–63 (mimo pokusy*)	847 mm	619 h 46'	10 466 mm	240
vrtání bez měděného vrtáku pokusy č. 1 až 22	668 mm	425 h 25'	4 660 mm	123
vrtání s měděným vrtákem, *pokusy č. 25, 27, 33, 39, 52, 59, 65	246 mm	98 h 40'	87 mm	7
celkem/total:	2 m 10 cm 2 mm	1206 h 48'	15 m 87 cm	392

■ Tabulka 1 Celkový přehled hodin vrtání.

vždy patrný. Proto lze pro odbroušení počítat nejspíše s rychle či pomalu rotujícím výstružníkem, který by využil dobré opracovatelnosti mramoru. V porovnání například s metabazitem typu Jizerské hory, kde podobná úprava byla žádoucí (setkáváme se s ní občas až u eneolitických sekeromlatů a bulav), ale byla omezena na stržení pouhé hrany menšího z obou otvorů z důvodu velké odolnosti srovinoty. Teprve poté lze předpokládat dokončení náramku broušením, které se v našich pokusech (**obr. 2**) ukázalo být velmi snadné oproti ostatním materiálům (Tichý et al. 2021a). K finální úpravě lze použít jemnozrnný brousek, který je na sídlištích bohatě doložen.

Zásadní otázkou je volba materiálu k výrobě vrtáku. Jako vhodné řešení byla vytipována střední část stehenní kosti současného hovězího dobytka. Rozměry takových kostí odpovídaly spodní hranici průměrů skutečných náramků a vývrtků (**tab. 2, obr. 1**). To lze vysvětlit kombinací použitých kostí zvířat různého věku a domestikovaného a divokého dobytka v neolitu. Kosti

druhého ze jmenovaných by dosahovaly většího průměru (za osobní informaci patří dík Miriam Nýltové-Fišákové). V neolitu byly hovězí kosti člověkem využívány západně i jihovýchodně od našeho území (Hofmann – Gleser 2019; Gaastra – Greenfield – Linden 2018). Výroba vrtáků z nich odpovídá rozsahu rozměrů otvorů náramků. Především však souvisí se široce využívaným vrtáním kamenných broušených seker především v mladší části neolitu, při kterém se kostěný vrták nejlépe uplatnil pro nápodobu pracovních stop na nedokončených vývrtkách (Tichý 2019; 2020; Tichý et al. 2021b).

Cílem pokusu bylo několik otvorů (**tab. 3**). Vrták měl vnější průměr 48 mm, vnitřní průměr 35 mm u prvního pokusu, u dalších byl vnější průměr opracován na 43 mm tak, aby vnitřní průměr zůstal co největší (**obr. 3**). Bylo nutné sjednotit rozměry podle všech kostí, které byly k pokusům k dispozici. Nejdelší vrták měl délku 88 mm. Cílem bylo nevytlačovat vývrtku, aby jeho délky byly co největší a co nejvíce odpovídaly neolitickým předlohám.



■ **Obr. 3** Upevnění vrtáků ze stehenní kosti hovězího dobytka na hůlky dvojsměrné vrtačky před vnějším zbrúšením kosti na potřebnou sílu vrtáku (příprava S. Lukš; foto RT).

Mramorové náramky

č.	N průměr 1	N průměr 2	V	Š	Lokalita
1	51	59	34	18	Brozany nad Ohří
2	55	57	39	14–18	Březno u Loun
3	60	70	45	17	Buštěhrad
4	60	66	61–65	19–21	Dřemčice
6	59	62	40	16	Hůrky Dolejší
7 (1)	63	72	37–39	17–19	Kolín
7 (2)	56	62	35–40	16–20	Kolín
8	60	70	76–78	22	Lovosice
9 (1)	70	76	33	14	Praha 6 Dejvice
9 (2)	70	74	36–37	14	Praha 6 Dejvice
9 (3)	57	60	38	20	Praha 6 Dejvice
10 (1)	70	77	67–74	19–22	Praha 7 Troja
10 (2)	70	*	60	*	Praha 7 Troja
11	70	*	34	*	Radim
12 (1)	68	72	58	16	Velké Žernoseky
12 (2)	62	70	40	14	Velké Žernoseky
13	44	50	23	10–11	Žatec
14	72	75	*	13	Černý Vůl
15	66	*	51	20	Roztoky

■ **Tabulka 2** Přehled rozměrů mramorových náramků a vývrtků (podle Zápotocká 1984, 100–112).

Mramorové vývrtky

č.	V prům. 1	V prům. 2	V	Lokalita
3981	56	65	98	Kouřim
3990	44	52	74	Kouřim
1 (1)	32 × 37	37	90	Kouřim
1 (2)	30	35	47	Kouřim
1 (3)	28	25 × 30	47	Kouřim
1 (4)	50	*	37	Kouřim
1 (5)	28	35	38	Kouřim
1 (6)	35	40	55	Kouřim
1 (7)	61	*	28	Kouřim
1 (8)	49	*	29	Kouřim
1 (9)	37	*	19	Kouřim
1 (10)	42	52	74	Kouřim
1 (11)	42	53	66	Kouřim
1 (12)	41	*	17	Kouřim
2	45	51	54	Mlékovice
3	48	*	31	Nebovidy
5	48	60	48	Pučery
6	44	62	25	Praha 6 Dejvice
7 (1)	48	58	47	Radim
7 (2)	40	46	36	Radim
8	30	40	60	Třebovice

Jednotlivé pokusy testovaly šířku použitého vrtáku (6 mm síla stěny vrtáku – pokus 53 na **obr. 4**), nápodobu počáteční stopy vrtáku dle vývrtku číslo 3990 z Kouřimi (pokus 54 na **obr. 5**), otvor větší hloubky 71 mm (pokus 55 na **obr. 6**), vrtání jednosměrným vrtákem (pokus 56 na **obr. 7**), porovnání výkonu vrtáku menšího průměru (vnitřní průměr 15 mm – pokus 57 na **obr. 8**), porovnání výkonu vrtáku

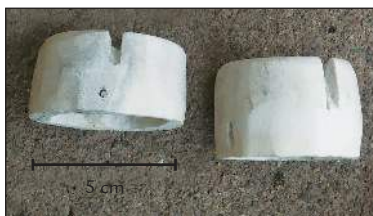
co největšího průměru (pokus 58 na **obr. 9**). Menší průměr vrtáku při pokusu 57 zároveň zhruba odpovídal vrtanému artefaktu z Velešic u Litoměřic, kde byl průměr otvoru 23 mm (Zápotocká 1984, 112).

Z výsledků pokusů lze vyvodit, že doba vrtání se prodlužuje s nárůstem průměru vrtáku, tuto náročnost ale kompenzuje nejmenší odolnost mramoru v porovnání s ostatními

surovinami (**tab. 3**, Tichý 2020). Největší výkon (6 mm/h oproti běžným 3 mm/h) měl vrták nejmenšího průměru. Při vnějším průměru blížícím se 5 cm se jako optimální ukázala síla stěny vrtáku 3 až 4 mm. Pokud se v budoucnu podaří nalézt nedovrtané náramky, pak bude třeba zjištěnou šířku mezikruží vztahovat k dosažené hloubce vrtání. Šířka mezikruží s hloubkou mírně roste, a to i přes skutečnost, že vrták



■ Obr. 4 Pokus číslo 53 (K. Kučírek; foto KK, RT a MD).



■ Obr. 5 Pokus číslo 54 (K. Kučírek; foto KK, RT a MD).



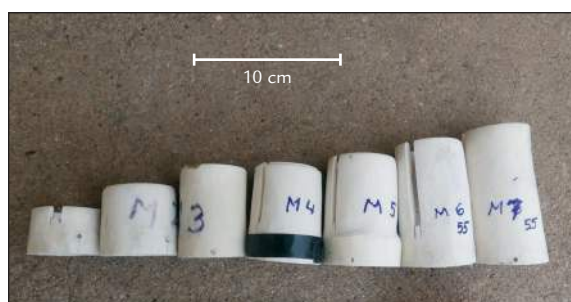
se jinak rychle zařezává do materiálu a výsledný otvor se příliš nestačí rozšířit jeho obrusem o vnější stěnu vrtáku. Při pokusu 55 měl v hloubce 15,6 mm vývrtek průměr 34 mm a otvor 49 mm (mezikružní 7,5 mm), kdežto v hloubce 57,6 mm měl vývrtek průměr 32 mm a otvor 51 mm (mezikružní 9,5 mm). Použité brusivo zřejmě s ohledem na nižší odolnost suroviny neovlivňovalo zásadně výkon vrtání. Netvrdíme, že výsledné časy by musely odpovídat časům v neolitu. Např. i při našem pokusu byl patrný odlišný výkon jednosměrného vrtáku (přibližně 2 mm/h oproti běžným 3 mm/h). Zátěž vrtáku neovlivňovala pozitivně výkon,

ale také nebyla schopna vrtaný polotovar rozlomit. Tomu odpovídá i skutečnost, že reálné nálezy zlomků pocházejí pouze z dokončených náramků. Známe jsou i doklady oprav pomocí spojení dodatečných protilehlých otvorů (*Zápotocká 1984*). Celkově se tedy zdá, že hodnotu výrobku vytváří jeho křehkost a příprava vrtáku o větším průměru. Nikoli časová náročnost výroby samotné jako u vrtaných seker z metabazitu typu Jizerské hory.

Závěr

Poznání výroby mramorových náramků komplikuje mimo tor-

zovitých pramenů i přebroušení vyvrtaného otvoru, které odstraňuje pracovní stopy po vrtání (**obr. 1**). To se bohužel týká i pracovních stop po vrtání na vývrtecích, které jsou na povrchu erodované (*Zápotocká 1984*). V kontextu známých neolitických technologií navrhuje vrtání na podobném principu jako u vrtaných seker/teslí a úpravu povrchu náramku broušením zevnitř výstružníkem a zevnějšku brouskem. Z těžebního areálu na Bílém kameni byly odneseny všechny použitelné polotovary z mramoru, proto neznáme ani podobu polotovarů před broušením. Dle našich pokusů je úprava na pískov-



■ Obr. 6 Pokus číslo 55 (K. Kučírek; foto KK, RT a MD).



■ Obr. 7 Pokus číslo 56 (I. Dohnálková; foto ID a MD).



■ Obr. 8 Pokus číslo 57 (M. Drahorád; foto MD).



■ Obr. 9 Pokus číslo 58 (K. Kučerek; foto RT, MD a KK).



pokus číslo exp. no.	surovina material	prům. rychlost vrtání average drilling speed	prům. úbytek vrtáku average drill reduction	celkový úbytek vrtáků total drill reduction	datum pokusu date of experiment	max. hloubka otvoru max. depth of hole	prům. otvoru horní/spodní nedovrtaný* diameter of hole top/bottom unfinished*	rozměr mezikruží annulus	síla kamene thickness of stone
		mm/h	mm/h	mm	2021	mm	mm	mm	mm
53	kalcitický mramor (calcite marble)	3,0	9,3	56,0	5. 10. – 7. 10.	24,6	*54,0	10,5/9,7	42,0
54		3,3	11,7	117,0	11. 10. – 15. 10.	40,0	49,0/46,0	9,5	44,0
55		3,1	8,5	195,0	18. 10. – 8. 11.	71,0	52,0/44,5	9,5	71,0
56		2,1	5,0	124,5	20. 10. – 3. 12.	51,5	47,5/43,0	7,0/6,0	52,0
57		6,0	16,5	49,5	28. 10. – 5. 11.	18,0	31,0/22,0	9,5	18,0
58		3,4	8,5	116,0	15. 11. – 22. 11.	44,0	56,0/49,0	9,0	44,0
celkem/total:				658,0		249,1			

■ Tabulka 3 Pokusy s vrtáním mramoru; **poznámka – brusivo: C pískovec, Kocbeře u Dvora Králové, E pískovec, Velký Chlum u Bořitova, H písek z erodované

covém brusu nenáročná (obr. 2), ale přece jen je žádoucí co největší odstranění hmoty mramoru otloukáním. Z toho plyne rekonstrukce výrobního řetězce (obr. 10). Promítáme do něho zkušenosti s experimentálním zpracováním metabazitu typu Jizerské hory, jehož výrobní řetězec je v nálezech úplnější. Ale především, je mnohem obtížněji zpracovatelný (Tichý et al. 2021a–b), takže aplikace jeho opracování na mramor se nám jeví jako logická a dobře proveditelná.

Použitá literatura

- Burgert, P. – Přichystal, A. – Davidová, T. 2020: Nový výzkum pravěkých těžebních polí na Bílém kameni u Sázavy, okr. Benešov, Archeologické rozhledy 72, 349–378
- Gaastra, J. S. – Greenfield, H. J. – Linden, M. V. 2018: Gaining traction on cattle exploitation: zooarchaeological evidence from the western Balkan Neolithic, *Antiquity*, 1–15.
- Hofmann, D. – Gleser, R. 2019: The fifth millennium: the emergence of cultural diversity in 13 central European prehistory M. Gleser – D. Hofmann (eds.), *Contacts, Boundaries & Innovation. Exploring developed Neolithic societies in central Europe and beyond*, Leiden (Sidestone Press).
- Tichý, R. 2018: Archeologický kontext výrobního řetězce neolitických kamenných broušených nástrojů a makrolitických artefaktů, *Živá archeologie*. (Re)konstrukce a experiment v archeologii 20, 15–22.
- Tichý, R. 2019: Příspěvek k poznání vrtání neolitických kamenných broušených nástrojů. Počáteční experiment s kostěným vrtákem, *Živá archeologie*. (Re)konstrukce a experiment v archeologii 21, 27–33.
- Tichý, R. 2020: Experiment s vrtáním surovin neolitických a eneolitických kamenných broušených nástrojů (dutý a plný vrták), *Živá archeologie*. (Re)konstrukce a experiment v archeologii 22, 22–32.
- Tichý, R. – Dohnálková, I. – Drahorád, M. –

Nikolajevová, M. – Trubačová, V. – Týřa, M. 2021 (Tichý et al. 2021a): Tvarování broušeného nástroje. Experiment řezání a broušení při výrobě kamenné broušené industrie neolitu, *Živá archeologie*. (Re)konstrukce a experiment v archeologii 23, 48–57 (v tomto čísle).

Tichý, R. – Přichystal, A. – Kučírek, K. – Dohnálková, I. – Drahorád, M. – Lukš, S. 2021 (Tichý et al. 2021b): Jadeit a metabazit. Experiment s vrtáním surovin moravských neolitických a eneolitických kamenných broušených nástrojů, *Živá archeologie*. (Re)konstrukce a experiment v archeologii 23, 64–75 (v tomto čísle).

Zápotočká, M. 1984: Armringe aus Marmor und anderen Rohstoffen im jüngeren Neolithikum Böhmens und Mitteleuropas, *Památky archeologické* 75, 50–132.

Žehera, K. 1939: Archeologický výzkum Posázaví. Neolitické a středověké vápencové lomy na „Bílém kameni“ u Sázavy, *Památky archeologické* 41, 51–58.

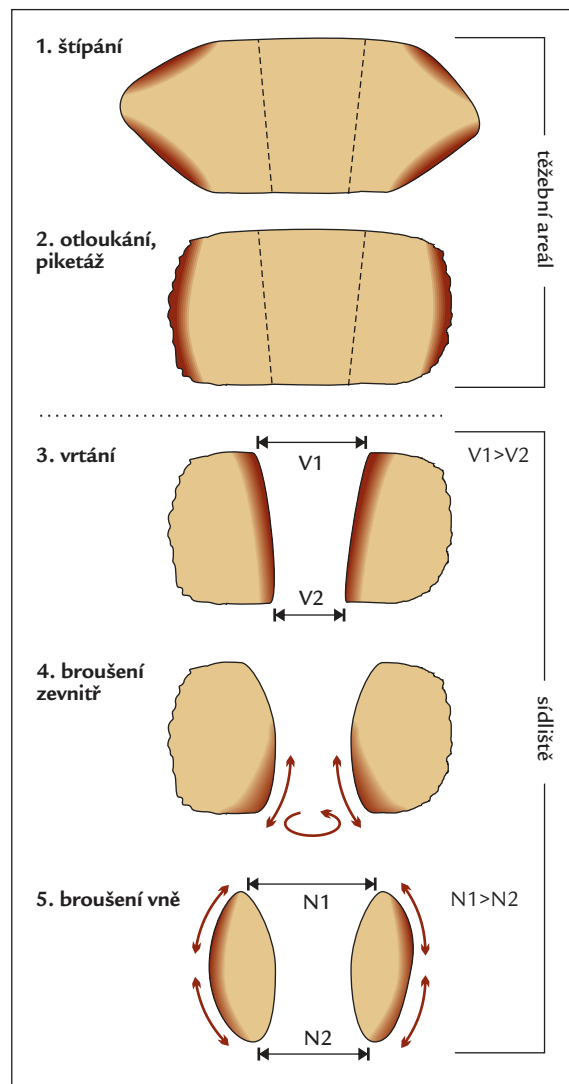
Summary

Experiment with Drilling Marble Bracelets

This work attempted to reconstruct the Chaîne opératoire of marble bracelets in the Neolithic, based on earlier and recent finds from the mining fields of Bílý kámen near Sázava and evidence of their manufacture on the settlements. Further it suggests the drilling of limestone using a drill made from a bovine femur and supports its feasibility with several successful experiments. According to the new findings from Bílý kámen, some evidence of extraction was narrowed down to knapped rough-outs of bracelets and earlier found polished stone tools. Both are evidence of the most important activities within the mining area – knapping and chipping of the material.

Radomír Tichý, Katedra archeologie FF UHK, Rokitskéhoho 62, 500 03 Hradec Králové, e-mail: radomir.tichy@uhk.cz

Iva Dohnálková, Martin Drahorád, Karel Kučírek, Stanislav Lukš, Archeopark pravěku ve Všešterech, Všešterý 238, 503 12 Všešterý



■ Obr. 10 Rekonstrukce výrobního řetězce mramorových náramků. Otloukání (2) je jedinou hypotetickou fází výroby, ostatní jsou doložené nálezy štípaných polotovárů v těžebním areálu (1), přítomnost vývrtků na sádkách (3) a konečným tvarem výrobku (4, 5) dosaženým broušením (výstružník, brus). Hypotetickou fází 2 lokalizujeme do těžebního areálu pro rizika poškození suroviny údery otloukače.

brusivo abrasive material**	hmotnost brusiva abrasive material total weight	dobu vrtání time of drilling	hmotnost závaží mass of weights	počet vrtáků number of drills	typy vrtáků a průměr vrtáku types of drills and drill diameter	způsob vrtání drill method 1 = jednosměrný unidirectional 2 = dvousměrný bidirectional	délka vývrtku rozlomený* length of spin broken*	průměr vývrtku spin average
	g	h	g		mm		mm	mm
4H, 4 (K), 4M1		5 h	270, 360	2	kostěný upravený / modified bone	2		28,5
4E, 4H, 4 (K), 4M1, H		8 h 30'	270, 360	5		2	*42,0	30,0 / 37,5
4/3(K) 4 (K), 4M1, H		21 h	270, 360	7		2	70,0	32,0 / 36,5
4 (K), 4+3 (K), 3 (K)	505,0	23 h 17'	429	5		1	*51,5	33,0 / 37,5
2 (K), 2C	112,0	2 h 40'	500	1		2	*18,0	10,0 / 16,5
3E, 4H, 3+4 (K)		11 h 30'	270	2		2	43,0	38,0 / 43,0
celkem/total:		71 h 57'		22				

skály, Kokořínsko, K drcený křemen, M Vraní skály u Hrádku na Nisou.