

Jadeitit a metabazit

Experiment s vrtáním surovin moravských neolitických a eneolitických kamenných broušených nástrojů

Rozsáhlé pokračování pokusů potvrdilo jako nejpravděpodobnější použití válcového kostěného vrtáku při vrtání otvorů kamenných broušených nástrojů neolitu. Vrták stejné konstrukce byl použit i pro šálu surovin moravského eneolitu. Potvrdilo se výjimečné postavení metabazitu typu Jizerské hory v jeho zpracování a jeho odlišnost od snadněji zpracovatelných surovin eneolitu. Ukázala se výjimečnost jadeititu při jeho zpracování.

■ Radomír TICHÝ
Antonín PŘICHYSTAL
Karel KUČÍREK
Iva DOHNÁLKOVÁ
Martin DRAHORÁD
Stanislav LUKŠ

Úvod

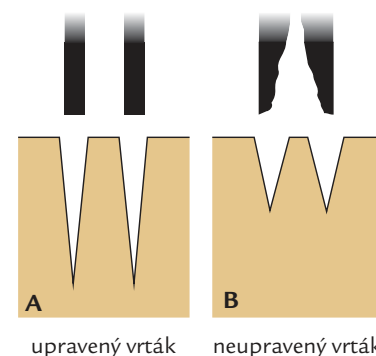
Vrtání bylo důležitou součástí výrobních technologií neolitické kamenné broušené industrie (Vencl 1960) a jeho experimentální ověřování má na našem území nezanedbatelnou tradici (Malina 1973; Knotek – Tichý 2011; Trnka 2016 a, b; Fieger 2019; Tichý 2018; 2019; 2020; léta praxe vrtání v pražském oddílu Mamuti). Doklady vrtání v podobě vývrtek jsou známy z neolitických sídlišť, přestože se koncentrují ve východních Čechách (Kalferst 2007), neznáme je ale z těžebních areálů metabazitu typu Jizerské hory (Šída a kol. 2014b). Na některých sídlišťích (Brestovanský 2011, 30) převažuje vrtání neupravené suroviny, nebroušená plocha vývrtku ale mohla vzniknout i jeho vylomením (Šída 2004, 169), stejně jako díky pokusům víme (Tichý 2020), že vrták může podstavu vývrtku vyhladit. Nedokážeme tedy jistě odlišit dodatečně znovu vrtané artefakty. Z výjimečných uzavřených celků dokončených nástrojů je patrné, že vrtání otvorů bylo na

nástrojích značně zastoupeno (Lička 1981), a že v depotech byly ukládány i artefakty nedovrtané (Vencl 1975, obr. 12). Ty odlišujeme od započatého vrtání se zanedbatelnou hloubkou vývrtní, které se vyskytují na sídlišťích. V našich dosavadních pokusech jsme pracovali s metabazitem typu Jizerské hory (Tichý 2018, 2019, 2020).

Metoda a cíle pokusu

V našich pokusech jsme postupovali dle zásad archeologického experimentu (Reynolds 2001) a srovnávali výsledky pokusů s originálními artefakty. Již v roce 2010 vznikla databáze založená na měřeních v depozitáři v Muzeu východních Čech v Hradci Králové, která obsahuje 298 změřených průvrtů, 46 vývrtek a 29 nedovrtaných otvorů. Nejhlubší nedovrtaný otvor má v hloubce 15,5 mm šířku mezikruží 6 mm. Nejširší mezikruží má šířku 6,5 mm. Může tedy vzniknout jediné tenkostěnné vrtákem. Nejdelší vývrték má délku 55 mm. Největší rozdíl mezi horním a spodním průměrem vývrtku je 7,1 mm na 35 mm dlouhém vývrtku. Tento údaj uvádíme jako doklad nejkóničtějšího vývrtku, většina z nich se naopak nízkým rozdílem horního a spodního průměru blíží tvaru válce, nebo přesněji, málo kónického vývrtku. Dle našich pokusů lze takový tvar dosáhnout jediné válcovitým (tedy upraveným) vrtákem (Obr. 1a). Více kónický tvar může vzniknout i zevnitř neupraveným válcovitým vrtákem (Obr. 1b), ale při jeho použití vzniká široké, v nálezech nedoložené mezikruží. Nejhlubší z 298 jmenovaných průvrtů má 72 mm a rozdíl mezi horním a spodním průměrem otvoru je 5 mm a bereme jej jako příklad spíše válcovitého otvoru. Největší rozdíl mezi hodnotami horního a spodního otvoru je 9,5 mm při hloubce otvoru 37,5 mm. Běžný je rozdíl pouhých 2 mm i v otvoru hlubokém kolem 60 mm, tedy otvor má tvar velmi blízký válci, tedy nedosažitelný (spolu s tenkým mezikružím) jiným, než válcovitým vrtákem.

Uvedené maximální hloubky otvorů nebo délky vývrtek také svědčí o značné délce vrtáku. V našich pokusech používáme vrták kostěný, který prozatím jako jediný funguje tak, že zanechává autentické stopy vrtání. Při zhotovení vrtáku se používá výstružník. Jelení kosti v současnosti pochází z velmi mladých zvířat, která se nejvíce loví. Kost má tedy malý průměr a je nutné opracovat ji zevnitř. U kostí starších zvířat nebo u zvířat pravěkých by větší průměr kosti umožnil využít vnitřní dutinu a jen zlehka ji upravovat výstružníkem. Přebytek kosti by bylo snadné odstranit zvnějšku broušením. Tento postup byl na několika větších kostech ověřen. S použitím kosti jako vrtáku nejsou v rozporu ani rozměry otvorů neolitických nástrojů, kde průměry nad 30 mm již nejsou běžné a mohly by odpovídat výjimečně velkým zvířatům, v tomto případě jelenům či laním (kosti ovčí a koz nemají vhodný tvar). Použití kosti při pokusech s vrtáním je zatím nezvyklé. Představu o vrtání ovlivňuje nález předpokládaného zbytku dřevěného dutého vrtáku zaseknutý v nedokončeném otvoru kamenného nástroje od jezera Bielersee (Weiner 1996, 134, Trnka 2016b). Proto jsme se v našich pokusech znovu vrátili i k použití dřevěného (bezového) většinou upraveného tedy dutého vrtáku.



■ Obr. 1 Schéma funkce válcového kostěného vrtáku A upraveného B neupraveného zevnitř.

Zde uvedené pokusy (obr. 2 až 29) navazují na naše předchozí experimenty (Tichý 2018, 2019, 2020), ale rozšiřují zásadním způsobem škálu použitých surovin. Ty pochází převážně z Moravy, ale doplňují je pro srovnání výkonu surovina západní Evropy, jadeitit, suroviny používané ve Středomoří (bazalt/čedič, vápenec, žula) a zároveň se ještě vícekrát vrátíme k metabazitu typu Jizerské hory. Pro tyto pokusy jsme definovali nové úkoly:

a) Zjistit rozdíl ve výkonu jednostranně a dvojsměrně poháněného vrtáku. Podnětem bylo i experimentální zjištění, že obousměrné brousící pohyby mlecího horního kamene jsou neúčinnější metoda pro mletí a výrobu jemnozrnné mouky (Dietrich a kol 2019).

b) Zjistit možnosti vrtání kamene ve Středomoří s použitím druhu rákosu kalamitai jako vrtáku (děkujeme za podnět P. Tzovarasovi a pomoc s opatřením materiálu M. Tziolasovi).

c) Vyvrtat velmi dlouhý otvor (72 mm) do metabazitu typu Jizerské hory, což souvisí s technickou náročností realizace (velká spotřeba vrtáků, které jsou ve velké hloubce otvoru použitelné již jen částečně) a ověřit možnosti vrtat různé variety této suroviny.

d) Snažit se odpovědět na některé otázky spojené s vrtáním kamene, které definoval R. Trnka (2016b). Ty se vztahují především k surovinám období eneolitu.

e) Ověřit a srovnat odolnosti surovin používaných v neolitu a eneolitu Moravy a na území Moravy exotického jadeititu, který nebyl v západní Evropě opatřován otvory pro topůrko sekery. Protože se jeví rozdíly ve výkonech jednotlivých experimentátorů, v tomto případě pokusy prováděl jediný člověk. Použit byl v této fázi výhradně kostěný dutý upravený vrták. Jako první krok k odlišení použití i jiných doložených typů vrtáku (jako je vrták plný).

f) Porovnat různé materiály vrtáků a zjistit jejich použitelnost. Kosti byly použity na různých materiálech a dřevo bezu při vrtání metabazitu Jizerské hory.



■ **Obr. 2** Pokus 23 (K. Kučírek) – vrtání nejhlubšího otvoru, metabazit Jizerské hory, vývrtek rozlomený v průběhu vrtání kvůli kazu na surovině, počet spotřebovaných vrtáků (vliv hlubokého otvoru). **A** Stopa, kdy se vrták uchytil v otvoru, mezikruží se začíná zužovat, vytvořil se náběhový kužel (dle Trnka 2016b, Obr. 9). **B** Kónický kužel s větším sklonem upraví pokračující vrtání. **C** Hlavice vrtáku osazená v otvoru bez pro názornost, patrný je prostor pro brusivo. **D** Vývrtek odlomený v hloubce několika cm umožňuje sledovat řeznou stopu shodnou s originálními artefakty. **E** Tenký hrot tvaru ostrého V po provrtání otvoru a vylomený povrch okolí otvoru. **F** První z vývrteků získal v průběhu vrtání více válcovitý tvar obroušený vnitřní stranou vrtáku. To odpovídá vrtáku, ve kterém se brusivo dostane dovnitř. Druhý vývrtek (Obr. 2) má zcela samostatný tvar, více kónický. U obou vývrteků je patrný náběhový a koncový kužel (dle Trnka 2016b, 19; foto MD).





■ **Obr. 3** Pokus 26, vrtání metabazitu typu Jizerské hory kostí pomocí jednosměrného vrtáku (I. Dohnálková; foto MD).



■ **Obr. 4** Pokus 28, vrtání metabazitu typu Jizerské hory kostí pomocí jednosměrného vrtáku (I. Dohnálková; foto MD).



■ **Obr. 7** Pokus 31, vrtání metabazitu typu Jizerské hory kostí pomocí jednosměrného vrtáku (I. Dohnálková; foto MD).



■ **Obr. 8** Pokus 32, vrtání metabazitu typu Jizerské hory bezem pomocí jednosměrného vrtáku (M. Drahorád; foto MD).



■ **Obr. 6** Pokus 30, vrtání amfibolitu kostí pomocí jednosměrného vrtáku (I. Dohnálková; foto MD).



■ **Obr. 9** Pokus 34, vrtání metabazitu typu Jizerské hory bezem pomocí jednosměrného vrtáku (M. Týfa; foto MD).



■ **Obr. 5** Pokus 29, vrtání metabazitu typu Jizerské hory rákosem pomocí jednosměrného (I. Dohnálková) a dvousměrného (K. Kučírek) vrtáku (foto MD).



■ **Obr. 10** Pokus 35, vrtání vápence rákosem pomocí dvousměrného vrtáku (K. Kučírek; foto MD).



■ Obr. 11 Pokus 36, vrtání čediče rákosem pomocí dvousměrného vrtáku (K. Kučírek; foto MD).



■ Obr. 12 Pokus 37, vrtání čediče kostí pomocí dvousměrného vrtáku (M. Drahorád; foto MD).



■ Obr. 13 Pokus 38, vrtání čediče rákosem pomocí dvousměrného vrtáku (K. Kučírek; foto MD).



■ Obr. 20 Pokus 46, vrtání mikrodioritu kostí pomocí dvousměrného vrtáku (K. Kučírek; foto MD).



■ Obr. 14 Pokus 39, vrtání žuly mědí pomocí dvousměrného vrtáku (M. Drahorád; foto MD).



■ Obr. 15 Pokus 40, vrtání vápence rákosem pomocí dvousměrného vrtáku (K. Kučírek; foto MD).



■ Obr. 17 Pokus 42, vrtání žuly kostí pomocí dvousměrného vrtáku, dva pokusy (M. Drahorád; foto MD).



■ Obr. 16 Pokus 41, vrtání čediče rákosem pomocí dvousměrného vrtáku (K. Kučírek; foto MD).



■ Obr. 18 Pokus 44, vrtání jadeititu kostí pomocí dvousměrného vrtáku (K. Kučírek; foto MD).



■ Obr. 19 Pokus 45, vrtání metabazitu kostí pomocí dvousměrného vrtáku (K. Kučírek; foto MD).



■ Obr. 26 Pokus 60, vrtání droby kostí pomocí dvousměrného vrtáku (K. Kučírek; foto MD).



■ Obr. 23 Pokus 49, vrtání metagabra kostí pomocí dvousměrného vrtáku (K. Kučírek; foto MD).



■ Obr. 21 Pokus 47, vrtání dioritu kostí pomocí dvousměrného vrtáku (K. Kučírek; foto MD).



■ Obr. 28 Pokus 62, vrtání permského pískovce kostí pomocí dvousměrného vrtáku (K. Kučírek; foto MD).



■ Obr. 24 Pokus 50, vrtání kulmského prachovce kostí pomocí dvousměrného vrtáku (K. Kučírek; foto MD).



■ Obr. 22 Pokus 48, vrtání metabazitu typu Jizerské hory kostí pomocí dvousměrného vrtáku (K. Kučírek; foto MD).



■ Obr. 25 Pokus 51, vrtání parohu kostí pomocí dvousměrného vrtáku (M. Drahořád; foto MD).



■ Obr. 27 Pokus 61, vrtání hadce kostí pomocí dvousměrného vrtáku (K. Kučírek; foto MD).



■ Obr. 29 Pokus 63, vrtání bazalitu kostí pomocí dvousměrného vrtáku (K. Kučírek; foto MD).

g) Vyzkoušet i další brusiva mimo drceného křemene, zejména brusiva snadněji dostupná. K tomu nás vedlo poznání, že drcení brusiva z valounu křemene zanechává na drtiči stopu nesrovnatelnou s originálními artefakty. Zde uvádíme výčet surovin použitých k přípravě brusiv a označení použité v **tabulce 2**: A = pískovec Touloucovy maštale u Litomyšle, B = hořícký pískovec (Chlum), C = pískovec Kocbeře u Dvora Králové, BP = průmyslový korund, D = říční písek Kralický Sněžník, E = pískovec Velký Chlum u Bořitova, F = vrch Husa – Kokořínsko, G = řeka pod Pokličkami – Kokořínsko, H = písek z erodované skály – Kokořínsko, I = pískovec Ústí nad Labem, J = písek slovanský mohylník Bechyňská Smoleč, Ja = jaspis – Hostinné, K = drcený křemen, KP = pískovna u Blučiny, L = písečná duna Vlčkov, M = Vraní skály u Hrádku na Nisou, NPC = netřídný drcený pískovec Kocbeře. Suroviny byly drceny na hrubost 3 a 4 v návaznosti na naše předchozí pokusy. Většinou bylo použito nejjemnější brusivo 4, občas s přidáním malého množství brusiva 3. Tím se podařilo dosáhnout podoby vývrtků, které známe z moravských nálezů.

Charakteristika použitých hornin

Jadeitit (pokus č. 44)

hora Monte Viso, italské Alpy na hranicích s Francií, Piedmonte. Extrémně silně metamorfovaná hornina, která je převážně tvořena jen jedním minerálem – jadeitem ze skupiny pyroxenů. V České

republiče byly jadeititové sekery nalezeny zatím výhradně na Moravě a žádná není provrtaná. Časově jsou vázány na starší stupeň lengyelské kultury. V západní Evropě se sekery s provrtem vzácně vyskytují, mají však průměr jen několik mm a sloužil zřejmě k zavěšení sekery.

Metabazit (nefritoidní) (pokus č. 45)

pravěké těžební území u Velkých Hamrů v Jizerských horách. Některé metabazity z pravěkých lomů v Jizerských horách se vyznačují vysokým zastoupením vláknitého amfibolu – aktinolit, takže se pak svými vlastnostmi mohou přibližovat nefritu. Kromě amfibolu obsahují menší množství bazických plagioklasů a opakního ilmenitu (**obr. 30**).

Porfyrický mikrodiorit (pokus č. 46)

vrch Batelov, Kuřim, okr. Brno-venkov. Vyvěřelá žilná hornina dioritového (andezitového) složení s výrostlicemi amfibolu a plagioklasu. Velmi populární surovina na vrtnou BI od lengyelské kultury, přes KNP po KŠK. Nevrtané polotovary hojně importovány v období KNP na Prostějovsko, k vrtání docházelo překvapivě až tam na výšinných hradiskách. Používán i dříve (MMK), později v KŠK a zřejmě i ve starší době bronzové.

Amfibolický diorit typu Rokle (pokus č. 47)

Brněnská přehrada na řece Svatce, blízko lodní zastávky Rokle.

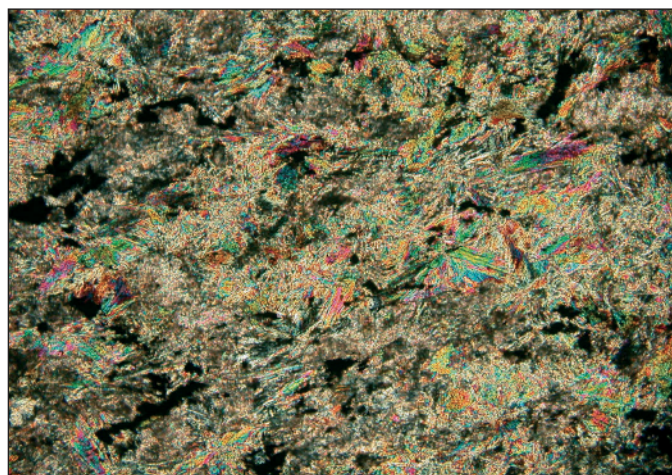
Magmatická hornina složená z amfibolu a živců se stejnoměrně zrnitou stavbou, která tvoří větší žilná tělesa v granitoidech západní části brněnského batolitu. Množství dílen i s vývrtky je v okolí přírodního zdroje, jenž je situován sz. od Brna zčásti nad údolím, zčásti přímo v údolí řeky Svatky. Používán zejména od mladšího stupně MMK (lengyelské kultury) přes KNP, KŠK až po starší dobu bronzovou.

Metagabro (pokus č. 49)

hora Šléza, polské Dolní Slezsko. Hrubozrnná hlubinná vyvěřelina bazaltového složení tvořená pyroxenem a bazickým plagioklasem, akcesoricky je přítomen ilmenit a pyrotin. V důsledku pozdějších metamorfických přeměn se vyskytuje aktinolit, Mg-hornblend, Na-plagioklas, klinozoisit-epidot, chlorit, titanit. Jak v Polsku, tak na severní a střední Moravě je z této suroviny řada vrtaných sekeromlatů souvisejících s KŠK.

Kulmský vápnitý prachovec (siltovec, aleurit) (pokus č. 50)

Zukalův kopec, Podolí, okr. Brno-venkov. Známé dílny založené na těžbě kulmských prachovců a produkci eneolitických sekeromlatů jsou v Holasovicích u Opavy nebo v Hlinsku u Lipníka nad Bečvou. Kulmské prachovce jsou mořské sedimenty tvořené zejména úlomkovitými minerály o velikosti 0,05 až 0,01 mm (*Kukal 1985*; jiní autoři mají trochu odlišné hodnoty). V případě Zukalova kopce obsahují navíc uhličitán vápenatý jako tmel. Také v jv. okolí Brna jsou nacházeny



■ Obr. 30 Petrografický výbrus nefritoidního metabazitu z Velkých Hamrů (foto AP); vlevo s 1 nikolem, vpravo zkrřížené nikoly.

číslo pokusu experiment no.	surovina material	průměrná rychlost vrtání average drilling speed	průměrný úbytek vrtáku average drill reduction	celkový úbytek vrtáků total drill reduction	datum pokusu date of experiment	max. hloubka otvoru max. bore a hole depth	průměr otvoru horní / spodní / * nedovrtaný bore diameter top / bottom / * unfinished	šířka mezikruží annulus	síla kamene thickness of stone	doba vrtání time of drilling	
		mm/h	mm/h	mm		mm	mm	mm	mm	h	min.
32e	metabazit (metabasite)	0,20	4,38	17,5	15. 2.–18. 2. 2021	2,1	*17,0	4,8	21,5	4	0
44	jadeitit Monte Viso (jadeitite)	0,27	7,41	163,0	12. 4.–4. 5. 2021	5,9	*22,0	5,0	39,0	22	15
41	čedič (basalt)	0,28	20,00	520,0	25. 3.–11. 4. 2021	14,4	*25,0	5,5	33,0	24	0
32c	metabazit (metabasite)	0,31	6,06	48,5	29. 1–3. 2. 2021	2,5	*21,0	4,0	23,0	7	30
32b	metabazit (metabasite)	0,33	3,83	23,0	25. 1–28. 1. 2021	2,0	*19,0	–	24,0	6	0
29a	metabazit (metabasite)	0,37	14,94	732,0	5. 12. 2020–16. 1. 2021	18,0	*26,5	7,2	42,0	45	0
34	metabazit (metabasite)	0,38	4,63	37,0	28. 1.–25. 2. 2021	1,8	*23,5	6,0	55,0	8	0
32a	metabazit (metabasite)	0,40	1,83	5,5	12. 1–13. 1. 2021	1,2	*20,0	7,0	29,0	3	0
32d	metabazit (metabasite)	0,45	5,88	23,5	8. 2.–12. 2. 2021	1,8	*19,0	10,0	21,0	4	0
28	metabazit (metabasite)	0,50	4,50	54,0	30. 11.–14. 12. 2020	6,0	*23,0	7,5/8,0	22,0	12	0
29d	metabazit (metabasite)	0,50	6,63	106,0	22. 3.–13. 4. 2021	8,0	*21,5	4,5	37,0	15	30
38	čedič (basalt)	0,50	8,08	97,0	2. 3.–13. 3. 2021	6,0	*31,0	7,5	51,0	12	0
42b	žula (granite)	0,54	9,33	112,0	9. 4.–29. 4. 2021	6,5	*20,0	4,0	33,5	12	0
42a	žula (granite)	0,57	5,50	16,5	6. 4.–7. 4. 2021	1,7	*20,8	4,6	52,5	3	0
31	metabazit (metabasite)	0,66	8,59	137,5	5. 1.–31. 1. 2021	10,0	*21,5	4,5	37,0	16	0
29c	metabazit (metabasite)	0,67	4,00	28,0	13. 3.–21. 3. 2021	4,7	*26,0	8,0	32,0	7	0
29b	metabazit (metabasite)	0,70	12,33	74,0	18. 1.–22. 1. 2021	4,2	*26,0	3,5	41,0	6	0
26	metabazit (metabasite)	0,97	7,80	117,0	25. 11.–16. 12. 2020	14,5	21,0/15,0	4,5	14,5	14	15
30	amfibolit (amphibolite)	1,05	9,55	439,0	18. 12. 2020–3. 3. 2021	47,0	23,0/16,5	6,0	47,0	45	11
48	metabazit (metabasite)	1,06	13,64	805,0	22. 5.–21. 6. 2021	58,4	24,0/20,0	5,0	51,0	50	0
45	metabazit (metabasite)	1,10	7,80	78,0	21. 4.–27. 4. 2021	10,0	*21,5	4,5	70,0	9	0
36	gabro (gabbro)	1,20	31,88	829,0	7. 2.–28. 2. 2021	25,0	*26,0	6,0	26,0	21	0
49	metagabro (metagabbro)	1,28	15,18	668,0	11. 7.–7. 9. 2021	49,4	24,0/18,5	4,8	47,0	32	30
23	metabazit (metabasite)	1,33	15,68	1113,0	18. 10.–3. 12. 2020	69,0	25,5/20,0	6,0	72,0	65	0
50	kulmský vápnitý prachovec (calcareous siltstone)	1,38	17,92	466,0	8. 9.–29. 9. 2021	34,6	24,0/19,0	4,8	37,0	22	0
37	čedič (basalt)	1,46	14,78	399,0	23. 2.–9. 3. 2021	39,5	24,0/21,0	6,0	40,0	22	15
46	porfyrický mikrodiorit (porphyric microdiorite)	1,47	16,19	502,0	5. 5.–21. 5. 2021	41,0	23,0/17,0	6,0	41,5	24	45
63	třetihorní bazalt (Tertiary basalt)	1,81	18,37	551,0	17. 12.–3. 1. 2022	49,0	*21,5	4,5	66,0	25	0
47	amfibolický diorit typu Rokle (hornblende diorite)	2,09	16,08	481,0	23. 6.–10. 7. 2021	60,4	24,0/19,5	5,0	54,0	23	30
62	permský arkózový pískovec (sandstone)	2,25	22,13	509,0	4. 12.–16. 12. 2021	39,0	22,5/18,0	5,2	35,0	16	30
51	paroh (antler)	3,06	8,22	74,0	4. 8.–13. 8. 2021	27,5	22,5/20,0	4,5	27,5	8	20
40	vápenec (limestone)	3,60	24,39	439,0	15. 3.–25. 3. 2021	42,4	*33,0	7,0	50,0	10	30
35	vápenec (limestone)	4,27	32,27	484,0	25. 1.–6. 2. 2021	55,0	26,4/18,0	5,6	50,0	11	30
60	jemnozrná kulmská droba (greywacke)	4,70	20,22	182,0	24. 11.–29. 11. 2021	43,6	21,0/19,0	5,2	43,6	8	0
61	serpentin Biskoupky (serpentine)	7,67	22,50	135,0	1. 12.–2. 12. 2021	45,0	22,0/19,0	5,2	41,0	3	30
celkem/total:		10 466,0				847,1			620 h 1min.		

■. Tab 1 Přehled pokusů vrtání, které jsou předmětem této stati; poznámka – brusivo: A pískovec, Toulcovy maštale u Litomyšle, B hořícký pískovec (Chlum), C pískovec, Kocbeře u Dvora Králové, BP průmyslový korund, D říční písek, Kralický Sněžník, E pískovec, Velký Chlum u Bořitova, F vrch Husa, Kokořínsko,

brusivo abrasive material	hmotnost brusiva abrasive material total weight	hmotnost závaží mass of weights	počet vrtáků total number of drills	typ vrtáků • type of drills ★ = upravený • modified ⊗ = neupravený • unmodified	způsob vrtání • 1/2 = jedno/dvousměrný drilling method • 1/2 = unidirectional/bidirectional	poznámky notes
	g	g				
4 (K)	27,0	385	1	★ bez / elder	1	s vydlabanou dužinou
4, 4+3 (K)	–	70, 270, 360	6	★ kostěný / bone	2	
4+3 (K)	–	360	11	řecký rákos kire / kire reed (Greece)	2	
3 (K)	44,0	385 a 500	2	★ bez / elder	1	do tužky s ponechanou dužinou
2 (K)	68,0	255 a 385	1	★ bez / elder	1	do tužky s ponechanou dužinou
3 (Ja), 2–4 (K)	–	255 - 460	12	⊗ bez / elder	2	
2, 3, 4 (K)	–	300	1	★ bez / elder	1	
1 (K)	43,0	255	1	★ bez / elder	1	do tužky s ponechanou dužinou
4 (K)	24,0	385	1	★ bez / elder	1	do tužky s ponechanou dužinou
4 (K)	–	248	1	★ kostěný / bone	1	krouživý pohyb
4 (K), NPC 4+3	–	1293 a 1541	3	★ bez / elder	1	síla stěny vrtáku 3 mm a průměr 17 mm
4+3 (K)	–	270, 360, 630	2	řecký rákos kire / kire reed (Greece)	2	
4 (K)	142,0	259 a 505	4	★ kostěný / bone	2	
4 (K)	–	259 a 505	1	★ kostěný / bone	2	
4 (K)	65,0	255 a 500	5	★ kostěný / bone	1	
4 (K), NPC 3+4	74,0	530 a 1293	1	⊗ bez / elder	1	síla stěny vrtáku 6 mm a průměr 24 mm
4 (K)	–	270 a 366	2	řecký rákos kire / kire reed (Greece)	2	
4 (K)	–	247	4	★ kostěný / bone	1	
4 (K), B	469,0	250 a 765	12	★ kostěný / bone	1	
4B, 4C, 4D, 4BP, 4 (K)	–	270	19	★ kostěný / bone	2	zadní otvor nepřesně pravidelný
4 (K)	–	100, 270	3	★ kostěný / bone	2	
4+3 (K)	–	270 a 360	12	řecký rákos kire / kire reed (Greece)	2	
4E, 4F, 4G, 4H, 4I, 4 (K), 4L, 4KP	–	270	14	★ kostěný / bone	2	
3+4 (K)	–	408 a 255	21	★ kostěný / bone	2	zadní otvor s výstružníkem
4E, 4H, 4I, 4J, 4 (K), 4L, 4KP, 4M1	–	270	11	★ kostěný / bone	2	
4 (K)	233,0	260	9	⊗ kostěný / bone	2	množství brusiva neváženo každou hodinu, zadní otvor s výstružníkem
2, 4, 4+3 (K), B3, 4, C3, 4, 4 C	–	270	14	★ kostěný / bone	2	
4B, 4C, 4E, 4H, 4K, 4L, 4M, 4M1	–	270	10	★ kostěný / bone	2	
4B, 4C, 4E, 4 (K)	–	270	14	★ kostěný / bone	2	zadní otvor nepřesně pravidelný
4H, 4 (K)	–	270	11	★ kostěný / bone	2	
2 (K), 4 (K)	–	500	2	★ kostěný / bone	2	zadní otvor nepřesně pravidelný
4+3 (K)	–	270, 360	9	řecký rákos kire / kire reed (Greece)	2	
3+4 (K)	–	270	10	řecký rákos kire / kire reed (Greece)	2	
4H, 4 (K)	–	270	5	★ kostěný / bone	2	
4H, 4 (K)	–	270	5	★ kostěný / bone	2	
240						

G řeka pod Pokličkami, Kokořínsko, H písek z erodované skály, Kokořínsko, I pískovec, Ústí nad Labem, J písek, slovanský mohylník Bechyňská Smoleč, Ja jaspis, Hostinné, K drcený křemen, KP pískovna u Blučiny, L písečná duna Vlkov, M Vraní skály u Hrádku na Nisou, NPC netříděný drcený pískovec Kocbeře.



vrtané sekeromlaty z kulmských jemnozrnných drob a prachovců.

Jemnozrnná kulmská droba, Malý Kosíř u Slatinic, okr. Olomouc (pokus č. 60)

Kulmská droba je mořský klastický sediment ze skupiny psamitů (pískovců, velikost zrna 2–0,05 mm). Na rozdíl od křemenných pískovců droba obsahuje vedle křemene také úlomky živců a hornin. Dále je přítomno kolem 15–20 % jílovito-siltové základní hmoty. Malý Kosíř byl jedním z center jak na produkci vrtaných sekeromlatů, tak i zrnitěrek, oboje z kulmských hornin. Zčásti KŠK, zčásti asi i starší doba bronzová.

Serpentinit (hadec), Biskoupky, západní Morava (pokus č. 61)

Serpentinit je metamorfovaná ultrabazická hornina, to je s obsahem SiO_2 do 44 %. Je tvořena převážně minerály serpentínové skupiny, může obsahovat reliktů původního pyroxenu, pyropu, méně olivínu, akcesoricky chromit, magnetit, karbonáty. Serpentinit je dominující surovina na Moravě pro vrtané sekeromlaty KŠK, i když většinou na severní a střední Moravu byla surovina importována z okolí polské hory Šlěža, na jižní Moravě byly asi zčásti využívány i lokální západomoravské zdroje

Permský arkózový pískovec, Kníničky, okr. Brno-venkov (pokus č. 62)

Hornina ze skupiny psamitů (pískovců, zrnitost mezi 2–0,05 mm). Na rozdíl od křemenných pískovců obsahuje podstatné množství živců, většinou draselných. Proto mají často narůžovělou barvu. Studovaný arkózový pískovec pochází z Boskovické brázdy, hornina byla běžně používána na brousky, zrnitěry, sekerky, občas i na vrtanou BI.

Třetihorní bazalt, Opole-Groszowice, polské Horní Slezsko (pokus č. 63)

Tmavá vulkanická hornina bazického složení tvořená pyroxenem, bazickým plagioklasem a olivínem. Olivín a pyroxen tvoří vyrostlice. V polském i českém Horním Slezsku jsou hojně vrtané bazaltové sekeromlaty, obvykle řazené ke KŠK nebo KNP, jako zdroje byly využívány např. Štěplovská hůrka u Holasovic (západně od Opavy) nebo Otická sopka jižně od Opavy. V Čechách se zdroje používaných bazaltoidů zatím nepodařilo jednoznačně lokalizovat, v úvahu přichází např. Čertova zeď u Českého Dubu nebo vrchol Mužského. Také v Maďarsku je hojná vrtaná BI z třetihorních bazaltů.



■ Obr. 31 A Drtič z metabazitu typ Jizerské hory s neautentickým důlkem na pracovní ploše (šipka) vzniklým roztloukáním zlomků valounu křemene (foto MD), B drcení roztlučeného křemene nebo pískovce na podložce křemencovým drtičem (foto RT), C experimentální podložka s důlkem vzniklým drcením (foto MD), D Třebosice na Chrudimsku, možná podložka s důlkou průměru 8 cm, v okolí obce se vyskytují i nálezy z neolitu (foto Jan Václavík, starosta obce, poděkování za upozornění)

nový vrták [č., délka] new drill [no., length] poznámky • notes	úbytek vrtáku (mm) drill reduction	vrtáno drilled (mm)	č. vrtáku • drill no.	hmotnost závaží mass of weights (g)	dobu vrtání time of drilling (h)	brusivo abrasive material	délka vrtáku drill length (mm)	hloubka otvoru bore depth (cm)	datum (2021) date of experiment
	18,0	1,2	11	270	1	4 (K)	49	28,0	8. 6.
	12,0		11	270	45'	4C	37		9. 6.
[č. 12, 95 mm]	5,0	1,0	12	270	15'	4C	95 do 90	29,0	9. 6.
	18,0	1,0	12	270	1	4B	72	30,0	9. 6.
	22,0	1,2	12	270	1	4 (K)	50	31,2	10. 6.
	13,0	1,4	12	270	30'	4BP	37	32,6	10. 6.
[č. 13, 99 mm]	11,0	0,7	13	270	30'	4BP	99 do 88	33,3	10. 6.
	17,0	2,3	13	270	1	4BP	71	35,6	11. 6.
	11,0	0,8	13	270	1	4C	60	36,4	11. 6.
	15,0	0,6	13	270	45'	4B	45	37,0	12. 6.
[č. 14, 94 mm]	3,0	0,2	14	270	15'	4B	94 do 91	37,2	13. 6.
	15,0	1,0	14	270	1	4 (K)	76	38,2	13. 6.
	21,0	1,4	14	270	1	4C	55	39,6	13. 6.
	9,0		14	270	30'	4B	46		14. 6.
[č. 15, 81 mm]	6,0	1,0	15	270	30'	4B	81 do 75	40,6	14. 6.
	12,0	1,0	15	270	1	4D	63	41,6	14. 6.
	16,0	1,4	15	270	1	4 (K)	47	43,0	15. 6.
[č. 16, 92 mm]	14,0	0,8	16	270	1	4C	92 do 78	43,8	15. 6.
	13,0	0,6	16	270	1	4B	65	44,4	16. 6.
	18,0	2,0	16	270	1	4BP	47	46,4	16. 6.
[č. 17, 101 mm]	16,0	1,8	17	270	1	4 (K)	101 do 85	48,2	17. 6.
	15,0	1,2	17	270	1	4C	70	49,4	17. 6.
	14,0	0,6	17	270	30'	4B	56	50,0	18. 6.
[č. 18, 103 mm] vrták č. 18 je prasklý po celé délce, nelze s ním vrtat	10,0	0,8	18	270	30'	4B	103 do 93	50,8	19. 6.
	25,0	1,8	18	270	1	4 (K)	68	52,6	20. 6.
	17,0		18	270	30'	4C	51		20. 6.
[č. 19, 95 mm]	15,0	1,4	19	270	30'	4C	95 do 80	54,0	20. 6.
	28,0	2,0	19	270	1	4B	52	56,0	21. 6.
	15,0	2,4	19	270	1	4 (K)	37	58,4	21. 6.
celkem/total:					51 h				

nový vrták [č., délka] new drill [no., length] poznámky • notes	úbytek vrtáku (mm) drill reduction	vrtáno drilled (mm)	č. vrtáku • drill no.	hmotnost závaží mass of weights (g)	dobu vrtání time of drilling (h)	brusivo abrasive material	délka vrtáku drill length (mm)	hloubka otvoru bore depth (cm)	datum (2021) date of experiment
[č. 1, 35 mm]	5,0	2,0	1	270	1	4 (K)	35 do 30	2,0	22. 5.
	5,0	0,8	1	270	1	4C	25	2,8	22. 5.
		0,6	1	270	1	4C	20	3,4	23. 5.
	7,0	0,6	1	270	1	4C	13	4,0	23. 5.
[č. 2, 50 mm]	16,0	0,0	2	360	1	4 (K)	50 do 34	4,0	24. 5.
	11,0	0,8	2	270	1	4C	23	4,8	24. 5.
[č. 3, 60 mm], 6 mm úbytek z předchozího vrtáku	5,0	1,2	3	270	1	4C	60 do 55	6,0	25. 5.
	15,0	0,5	3	270	1	4+3C	40	6,5	25. 5.
	17,0	0,7	3	270	1	4C	23	7,2	26. 5.
	12,0		3	270	30'	4 (K)			27. 5.
[č. 4, 63 mm]	6,0	0,6	4	270	30'	4 (K)	63 do 57	7,8	27. 5.
	12,0	1,0	4	270	1	4+3 (K)	45	8,8	28. 5.
	14,0	1,2	4	270	1	4B	31	10,0	29. 5.
	13,0	0,7	4	270	45'	4B	18	10,7	30. 5.
[č. 5, 50 mm]	12,0	0,9	5	270	75'	4+3B	50 do 38	11,6	30. 5.
	15,0	0,9	5	270	1	4C	23	12,5	31. 5.
[č. 6, 46 mm]	11,0	1,7	6	270	1	4B	46 do 35	14,2	31. 5.
	15,0	0,1	6	270	1	4B	20	14,3	1. 6.
	13,0	1,1	7	270	1	4B	52 do 39	15,4	1. 6.
	16,0	1,0	7	270	45'	4B	23	16,4	2. 6.
	11,0	1,0	8	270	1	4 (K)	74 do 63	17,4	3. 6.
	19,0	1,4	8	270	1	4C	44	18,8	3. 6.
	20,0	1,0	8	270	1	4B	24	19,8	4. 6.
[č. 9, 71 mm]	13,0	1,4	9	270	1	4 (K)	71 do 58	21,2	4. 6.
	23,0	1,4	9	270	1	4C	35	22,6	5. 6.
	6,0	0,2	9	270	15'	4B	29	22,8	5. 6.
[č. 10, 82 mm]	11,0	0,8	10	270	1	4B	82 do 71	23,6	5. 6.
	20,0	1,2	10	270	1	4 (K)	51	24,8	6. 6.
	21,0	1,2	10	270	1	4C	30	26,0	7. 6.
[č. 11, 79 mm] nový stál a žila v kameni	12,0	0,8	11	270	1	4B	79 do 67	26,8	8. 6.

■ **Tab 2** Konkrétní záznam průběhu pokusu 48, metabazit, s = 58,4 mm, kostěný dvousměrný vrták, doba vrtání 50 hodin, spotřeba 805 mm, vyvrtaná hloubka 58,4 mm, mezikružní 5 mm, průměr zátky 9,5 mm, průměr otvoru 24 mm; poznámka – brusivo: B hoříčský písek, Chlum, C pískovec, Kocbáře u Dvora Králové, BP průmyslový korund, D říční písek, Kralický Sněžník, K drcený křemen

Průběh pokusu

Průběh pokusů zachycují tabulky 1 a 2. Údaje **tabulky 1** jsou pro názornost již seřazeny shora dolů podle odolnosti suroviny, nahoře jsou pokusy, kde vrtání mělo nejnižší výkon. **Tabulka 2** je úplným záznamem průběhu alespoň jednoho pokusu, protože všechny zde kvůli jejich rozsahu nemohou být prezentovány. Dvojsměrný vrták „štorchovské konstrukce“ (Fieger 2019, Tichý 2018, 2019, 2020) se ve výkonu uplatnil lépe než vrták jednosměrný (**tab. 1**, Trnka 2016b). Srovnání z **tab. 1** považujeme za platné jen v rámci našich pokusů. Závisí na přístupu experimentátora a provedení roztáčení vrtáku. Dvojsměrný vrták upevněný ve dvou bodech asi nemá jiné řešení použití, jiný ale může být počet otáček. Jedsměrný vrták lze různě vychylovat z jeho osy, v našem případě jsme se snažili o udržení v ose, druhá ruka roztáčela rameno vrtáku. Vyššího počtu otáček dosáhl dvojsměrný vrták, přitom však víme, že výkon vrtání k optimálnímu výkonu. Toho dosáhneme, pokud vrták z otvoru nevytláče brusivo. Proto tlak vrtáku nemůže být příliš velký.

Vrták vyrobený z „kalamitai“ (jde o rostlinu členitou podobně jako bambus) byl roztáčený dvojsměrným vrtákem. Předností materiálu je rovnoměrná dutina, takže není třeba žádná úprava. Spotřeba vrtáku je největší, ale rostlinu lze zajistit v potřebném množství. Je nutné doplňovat další vrtáky, ale stačí kontrolovat správný průměr další rostliny. Přednostně jsme kalamitai vrtali suroviny používané ve středomořském neolitu (vápenec, čedič). Z vápence a obdobně zpracovatelných hornin byly na počátku neolitu vyráběny nepracovní vrtané buclavy či mláty, zatímco čedič sloužil k výrobě nevrtaných pracovních seker (v Levantě ale zpočátku i z vápence!) (Barkai 2011 a expozice muzea v Heraklionu). K vrtání vápence se kalamitai dal dobře použít, ne však pro ostatní suroviny.

Ideální postup vrtání byl ověřen na hlubokém otvoru metabazitu typu Jizerské hory, kde se vylomil vývrtak a bylo možné dokumentovat vznik otvoru (**obr. 2**). Původní širší mezikruží z počátku vrtání, než došlo k usazení vrtáku v hloubce do

4 mm, zůstalo být patrné na mírném zkosení vývrtku. To byl vrták na řezu ještě zaoblený. Hluběji se mezikruží mírně zúžilo, ale úhel vývrtku zůstal mírně větší než sklon stěn otvoru. Konec vrtáku se na řezu zahrotil do tvaru V a stěny vrtáku se dále zúžovaly. Nejtenčí byl v okamžiku dokončení otvoru (**obr. 2e**), takže vývrtak získal profil písmene S, jak jej shodně popsal R. Trnka (2016b, 19). Vrták (stejně jako u jiných našich pokusů s vrtáním metabazitu Jizerské hory) neprošel základnou kamene po celém obvodu, takže se v otvoru již neudržela voda, ve které se vznášelo doplňované brusivo (to se v průběhu vrtání vyplavuje s vypláchnutím otvoru vodou, která se tak opět doplní). Bylo proto nezbytné vývrtak vyrazit, čímž vždy vznikne na jeho konci rozšíření podobné úštěpu dobře známé z originálních artefaktů. V našem případě pokusu 23 vývrtak prasknul kvůli prasklině v surovině, jindy se ho podařilo uchovat, což známe u originálů. Dlouhé vývrtky svědčí o zvládnuté konstrukci delšího vrtáku, který je vícekrát nutné nahrazovat vrtákem dalším novým. Ten se rychle přizpůsobuje tvaru započatého otvoru. Kostěný vrták tedy je možné nahradit dalším bez větších problémů (Trnka 2016b, 19). R. Trnka (2016b, 18–19) odhadoval dle svého studia pracovních stop šířku vrtáku na 5 mm, kostěné vrtáky našich pokusů měly šířku okolo 3,5 mm. Zvláště při vrtání metabazitu Jizerské hory to má velký význam, protože k zahloubení vrtáku dochází na malé ploše.

Kostěný vrták je funkční. Proto byl použit i pro testování surovin využívaných v moravském eneolitu. Ruční vrtání přírodními materiály zde považujeme za jednu z možností jak škálu opracovatelnosti stanovit. Použit byl kostěný upravený vrták dvojsměrně roztáčený jediným experimentátorem. U některých pokusů (46 až 50, 63) bylo však použito více druhů brusiva. **Tab. 1** zřetelně ukazuje oddělení surovin užívaných v eneolitu Moravy ve spodní části tabulky. Skutečnost, že některé z těchto surovin se vyskytují ve střední části tabulky vysvětlujeme použitím různých brusiv, kdy nižší výkon některých ovlivnil celkový výsledek. Je tedy pravděpodobné, že suroviny eneolitu by se ocitly v ještě těsnějším shluku. Jejich odlišná

odolnost především v porovnání s metabazitem Jizerské hory je však zřejmá. A to i přesto, že metabazit měl zjevně různě odolné variety. Zajímavá je i pozice jeho nefritoidní verze (pokus 45) v celkové škále (**tab. 1**), který není o tolik nižší např. v porovnání s výše uvedeným pokusem 23. Do pokusu byla zařazena i exotická surovina jadeitit (**obr. 18**) s těžištěm hojného výskytu broušených seker v západní Evropě. Sekery z jadeitu neměly otvor pro násadu, ale byly opatřeny jen jemným otvorem oboustranně kónicky vrtaným. K zavěšení či upevnění. V našem pokusu bylo cílem ověřit, zda je to dáno odlišnou kulturní tradicí, nebo vlastností suroviny. V každém případě se jadeitit nejvíce jako surovina vhodná k vrtání dutým vrtákem (**tab. 1**). Na škále odolnosti surovin je zaznamenáno i vrtání parohu, ale také růžové žuly, která zde měla suplovat žulu asuánskou. V době pokusů se totiž v popularizačních dokumentech objevila informace, že vrtání žuly ve starém Egyptě nebylo možné ani měděným vrtákem. Proto jsme mimo měděného (**obr. 14**) použili i vrták kostěný (**tab. 1**, **obr. 17**). Použitelnost mědi byla potvrzena výkonem asi 3 mm/h, do soupisu jsme ji ale nezařadili, protože šlo o současný průmyslový výrobek. Výkon kosti byl mnohem nižší (**tab. 1**).

Zjištěné časy nijak nesrovnáváme s výkonem v neolitu či eneolitu, protože do výsledku vstupuje příliš mnoho faktorů od vrtacího zařízení, přes osobu experimentátora až po použité brusivo. Uvádíme zde alespoň srovnávací pokus dvojsměrnými měděnými vrtáky s průmyslovým korundem jako brusivem. V případě průměru vrtáku 20 mm vyvrtal experimentátor A 17 mm/hod. a v případě průměru vrtáku 35 mm experimentátor B 15 mm/hod., metabazitu Jizerské hory. Tyto hodnoty bereme jako nepřekročitelné při ručním vrtání a silně nadsazené reálným výkonům v pravěku.

Mimo již výše uvedených materiálů ke zhotovení vrtacích hlavic byl na metabazitu znovu důkladně testován vrták bezový. Použity byly různé stupně hrubosti brusiva (**obr. 8**) a různé způsoby roztáčení vrtáku (**obr. 5, 8**). Výkon se pohyboval mezi 0,2 a 0,67 mm/h. Přestože jej

považujeme za nedostatečný, nemůžeme jej vyloučit zatím ve vztahu alespoň k některým moravským surovinám, nebo i k nedovrtanému sekeromlatu z Bielersee (Weiner 1996, 134, Trnka 2016b, 16). Obecně má ale podle našich pokusů dutý dřevěný vrták hlavní nedostatek v tom, že při jeho máčení změkne a roztřepe se a za sucha neposkytuje autentické výrobní stopy (Trnka 2016b).

Poprvé jsme testovali i brusiva různé proveniencie a snadněji opatřitelná. Chtěli jsme zjistit, zda je něčím natolik unikátní hořický pískovec spojovaný s koncentrací zpracování kamene ve východních Čechách (Vencl 1975). Výsledkem může být teze, že horší výkon mají váté písky (např. Vlkov) oproti pískovcům rovněž snadno získatelným z erodovaných skal (např. Kokořínsko, Vraní hory). Dobře použitelný byl i pískovec z Kocbeří. Drčený křemen se stále řadí k nejlepším typům brusiva. Když v kontextu našich dalších pokusů (především řezání) porovnáme spotřebu brusiva potřebného k vrtání (tab. 1), je spotřeba tak malá, že není nutné ani drčený křemen zcela zavrhnout. Vzácné podložky s důlky uvádí P. Brestovanský (2011, 33) (obr. 31). Příprava tak malých množství by měla velkou šanci uniknout archeologickému záznamu.

Závěr

Naše pokusy s válcovitým kostěným vrtákem dobře odpovídají všem fázím vzniku otvoru známým z originálních artefaktů. Při sledování odolnosti surovin pomocí vrtání se opakovaně potvrzuje jedinečnost metabazitu Jizerské hory, zároveň se ale ukázaly velké rozdíly mezi jeho varietami. Výrazně se odlišuje opracovatelnost surovin z období eneolitu Moravy. To vysvětlujeme spíše kulturní změnou požadavků mladšího období, kdy cílem byly vypracované tvary zajímavých surovin. Naopak v západní Evropě hojně používaný jadeitit si vynucoval tvar nevrtané sekery. Vznikla databáze vývrtků a vývrtů s pracovními stopami srovnatelnými s originály. Experimentálně jsme prokázali, že lze vrtat různými brusivy, výkon je podobný, ale má vliv na úbytek hlavičky vrtáku. Není vyjasněn způsob roztáčení vrtáku, přestože dvojsměrný vrták se jeví jako výkonnější. Zajímavé je, že na počátku neolitu byly vrtány

nepracovní nástroje z lépe opracovatelných materiálů možná i plným vrtákem (např. serpentinit, nebo příklad Pleinerová – Pavlů 1979, 103, 112, obr. XX, nebo vápenec ve Středomoří, Barkai 2011), teprve později metamorfované horniny (Weiner 1996) jako metabazit Jizerské hory, vrtaný v mladém neolitu dutým vrtákem. Ten se udržel až do konce eneolitu, i když některé suroviny opětovně použití plného vrtáku umožnily.

Použitá literatura

- Barkai, R. 2011: The evolution of Neolithic and Chalcolithic woodworking tools and the intensification of human production: axes, adzes and chisels from the Southern Levant. In: V. Davis and M. Edmonds (eds.) *Stone Axe Studies III*. Oxford: Oxbow Books, pp: 2–16.
- Brestovanský, P. 2011: Sídliště kultury s vypíchanou keramikou v Příšovicích se zvláštním zjevem na broušenou industrii, *Præhistorica* XXIX, 27–35.
- Dietrich, L. – Meister, J. – Dietrich, O. – Notroff, J. – Kiep, J. – Heeb, J. et al. 2019: 'Cereal processing at Early Neolithic Göbekli Tepe, southeastern Turkey. *PLoS ONE* 14(5): e0215214, 1–34.
- Fejger, J. 2019: Kuželový vrták – nová možnost vrtání kamenných nástrojů v pravěku, *Živá archeologie. (Re)konstrukce a experiment v archeologii* 21, 18–20.
- Kalfferst, J. 2007: Neolitické dílny na Bystřici, Otázky neolitu a eneolitu našich zemí 2006, Hradec Králové, 77–82.
- Knotek, J. – Tichý, R. 2011: Vrtání broušených seker v neolitu. O úloze zkušenosti a dovednosti, *Živá archeologie. (Re)konstrukce a experiment v archeologii* 12, 19–28.
- Kukal, Z. 1985: Návod k pojmenování a klasifikaci sedimentů. 80 stran. Ústřední ústav geologický Praha.
- Lička, M. 1981: Hromadný nález neolitické broušené industrie (č. 1) ze Mšena, okr. Mělník, *Archeologické rozhledy* 33, 607–620.
- Malina, J. 1973: Petroarchaeological notes on manufacturing technology of Neolithic Polished Stone Industry, *Scripta Fac. Sci. Nat. UJEP Brunensis, Geologia* 2–3, 3: 103–107.
- Pleinerová, I. – Pavlů, I. 1979: Březno. Osada z mladší doby kamenné v severozápadních Čechách. Ústí nad Labem.
- Reynolds, P. 2001: Povaha experimentu v archeologii, *Rekonstrukce a experiment v archeologii* 2, 153–164.
- Šída, P. 2004: Neolitická broušená industrie v oblasti horního Pojizeří. Dílenské areály a technologie výroby, *Archeologie ve středních Čechách* 8, 137–192.
- Šída, P. – Kachlík, V. – Prostředník, J. 2014: Neolitická těžba metabazitů v Jizerských horách. Opomíjená archeologie 3. Plzeň: Katedra archeologie Filozofické fakulty Západočeské univerzity.
- 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 suroviny neolitických a eneolitických kamenných broušených nástrojů (dutý a plný vrták), *Živá archeologie. (Re)konstrukce a experiment v archeologii* 22, 22–32.

Trnka, R. 2016a: Dutý vrták a kámen – vše dávno známé? Rekonstrukce a prezentace archeologických objektů 5, 18–22.

Trnka, R. 2016b: Vrtání kamene dutým vrtákem v pravěku. Studium literatury, stop na originálních artefaktech a první výsledky praktických pokusů, *Živá archeologie. (Re)konstrukce a experiment v archeologii* 18, 16–25.

Vencl, S. 1960: Kamenné nástroje prvních zemědělců ve střední Evropě, *SbNM-A XIV*, 1–91.

Vencl, S. 1975: Hromadné nálezy neolitické broušené industrie z Čech, *Památky archeologické* LXVI, 12–73.

Weiner, J. 1996: Zur Technologie bandkeramischer Dechselklingen aus Felsstein und Knochen, *Archaeologia Austriaca* 80, 115–156.

Summary

Jadeite and Metabasite. Experiment with drilling materials of Moravian Neolithic and Aeneolithic stone polished tools.

Our experiments with a cylindrical bone drill correspond well with all phases in hole making known from original artifacts. While researching the resistance of materials to drilling, the uniqueness of Jizerské hory metabasite was repeatedly confirmed though there are big differences between its variants. There is a great difference in workability of materials from the period of Aeneolithic in Moravia. This could possibly be explained by cultural changes of demand in the later period, where the target was to gain well defined shapes from interesting materials. On the other hand, Jadeite, which was often used in Western Europe, forced the shape of a non-drilled axe. The work has created a database of cores with traces comparable to original finds. We showed experimentally that it is possible to drill with various abrasive materials, the performance is similar, the difference is in the loss of material from the drill point. The system of turning the drill is not clear, though it seems that a two-way drill performs better. It is interesting that at the beginning of the Neolithic tools were drilled with easier to work materials, maybe even with a full drill (for example serpentinite, or Pleinerová – Pavlů 1979, 103, 112, obr. XX, or limestone in the Mediterranean, Barkai 2011). Only later, in the Later Neolithic were metamorphic rocks (Weiner 1996) like the Jizerské hory metabasite drilled with a hollow drill. The hollow drill was used until the end of the Aeneolithic when some materials were worked with full drills again.

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

Antonín Přichystal, Ústav geologických věd, Přírodovědecká fakulta Masarykovy univerzity, Kotlářská 267/2 611 37 Brno, e-mail: prichy@sci.muni.cz

Iva Dohnálková, Martin Drahorád, Karel Kučírek, Stanislav Lukš, Archeopark pravěku ve Věstarech, Věstary 238, 503 12 Věstary