

# *Experiment s vrtáním surovin neolitických a eneolitických kamenných broušených nástrojů (dutý a plný vrták)*

**Stať prezentuje pokračování experimentu vrtání kamene dutým vrtákem s použitím brusiva připraveného pomocí drtičů na jednoduché vrtací soupravě dvousměrného vrtáku upevněného ve dvou pevných bodech.**

■ Radomír TICHÝ

Po počátečním experimentu vrtání metabazitu typu Jizerské hory s měděným vrtákem (Tichý 2018) a pokusech s vrtáky z rohoviny, kosti jelena a srny (Tichý 2019) byla provedena série dvaceti dvou pokusů (tab. 1, obr. 1) různými typy vrtáků (dutý, plný, s dutým hrotem). Celkem dvacet pět dokončených a nedokončených otvorů bylo provedeno v různých surovinách (metabazit typu Jizerské hory, amfibolit, vápenec, pískovec, gabro, serpentinit, čedič). Všechny pokusy potvrdily, že při vrtání válcovitým vrtákem vzniká kónický vývrtek srovnatelný s neolitickými či eneolitickými originály. Objevily se však rozdíly mezi materiály vrtáku (kost, dřevo, kůže). Upravený vrták z bezu nebyl schopen dokončit otvor v amfibolitu. Trvalou zásadou zůstal požadavek na stálý rozměr vnitřního průměru dutého vrtáku. K tomu byl s dobrým výsledkem použit pískovcový výstružník. Jako brusivo (vlastní výroby) byl používán při pokusech drcený křemen hrubosti 3 a 4 (vlastní škála dle zkušenosti pokusu), silicit a jaspis. Plný vrták se neosvědčil, respektive nejlépe se osvědčil na pískovci/slepenci, kde byl dutý dřevěný vrták nepoužitelný. Všechny pokusy byly porovnávány s archeologickými muzejními předlohami nebo dobře publikovanými artefakty z období neolitu a eneolitu. Důraz byl kladen zejména na rozměr mezikruží originálních artefaktů tam, kde byl použit dutý vrták. Výsledkem práce jsou:



■ Obr. 1 Celkový pohled na výsledky pokusů.

- 1) dokumentované stopy (dokončené otvory, nedokončené otvory) různých typů vrtáků jako základ srovnávací databáze,
- 2) testování odolnosti použitých surovin jednoduchým autentickým vrtáním,
- 3) poznání dalších zásad jednoduchého vrtání upřesňující výrobní řetězec broušených kamenných nástrojů,
- 4) zpětná reakce na způsob dokumentace vrtaných broušených nástrojů v odborné literatuře a
- 5) upravený názor na vývoj vrtání kamene v neolitu a eneolitu na základě archeologických analogií (použití plného a dutého vrtáku).

Hned od počátku neolitu byl k výrobě kamenných broušených nástrojů používán ve střední Evropě metabazit typu Jizerské hory, který byl distribuován do vzdálenosti několika set kilometrů od jeho těžby v Jizerských horách (Šída 2009, 519). Pozůstatky těžební činnosti byly nalezeny na ploše asi 1,5 km<sup>2</sup> (Šrein et al. 2002; Přichystal 2002). Polotovary byly štípáním upravovány hned na výchozech a odtud transportovány do míst finálního

zpracování broušením a vrtáním. Tak to fungovalo po celé období kultury s lineární keramikou (KLK) a patrně i starší fáze kultury s vypíchanou keramikou (KVK). Od mladší fáze KVK se systém změnil, výroba se přesunula do specializovaných okrsků v nížinách v okolí Jizery a v Podkrkonoší. Začaly být vyhledávány nové zdroje surovin (valouny metabazitu v Jizeře a Kamenci) nebo lokální zdroje surovin v odlehlých regionech (posázavské amfibolity nebo spilitové tufy – tufity; Šída 2009, 519). Doklady zpracování kamene na sídlištích v nížinách Pojizeří (Šída 2004) a v širším Podkrkonoší (Kalferst 2007) se nazývají jako neolitické dílny. V Pojizeří se je podařilo zkoumat nejen povrchovým sběrem, ale i exkavací jam s artefakty dokládajícími výrobu. K těm s nejbohatšími doklady zpracování kamene vrtáním patří Horky nad Jizerou (24 vývrteků; Davidová et al. 2004), Příšovice (Brestovanský 2007) a Turnov-Ohranice (33 vývrteků; Šída 2004). Metabazity typu Jizerské hory vykazují extrémní pevnost a houževnatost. Jejich vrtání umožnil drcený křemen (P. Šída uvádí křemenný drcený

| úbytek vrtáku prům./hod.<br>wastage of drill aver./hour (mm) | vyvrtáno prům./hod.<br>drilled aver./hour (mm) | typy vrtáků<br>a průměr vrtáku<br><br>types of drill<br>and drill diameter<br>(mm) | počet vrtáků / number of drills | hmotnost závaží<br>mass of weight<br>(g) | dobu vrtání (hod:min)<br>time of drilling (hour:min) | brusivo<br><br>abrasive material | síla kamene<br>thickness of stone (mm) | rozměr mezikruží<br>size of ring (mm) | průměr otvoru<br>horní/spodní/nedovrtaný<br>diameter of hole -<br>top/bottom/unfinished (mm) | max. hloubka otvoru<br>maximum depth of hole (mm) | datum pokusu<br><br>date of test | číslo pokusu<br>vrtaný kámen<br>pořadí dané suroviny<br><br>test number<br>drilled stone<br>order of the material |
|--------------------------------------------------------------|------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------|------------------------------------------|------------------------------------------------------|----------------------------------|----------------------------------------|---------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------|----------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 16,25                                                        | 1,26                                           | kostěný část. upr. / bone partially modified, 12                                   | 2                               | 350                                      | 6:30                                                 | 3+4 (K), 4 (J)                   | 27                                     | 7                                     | *14                                                                                          | 8,8                                               | 21.-26. 8. 2019                  | 01_metabazit (metabasite)                                                                                         |
| 24,07                                                        | 1,85                                           | kostěný upravený / bone modified, 19<br>kožený / leather, 19                       | 9                               | 360, 530                                 | 23:25                                                | 4 (K), 3+4 (J), 4 (P)            | 48                                     | x                                     | 22,5/15                                                                                      | 44,6                                              | 27. 9. - 6. 11. 2019             | 02_amfibolit_1 (amphibolite)                                                                                      |
| 15,88                                                        | 1,45                                           | kostěný upravený / bone modified, 20                                               | 14                              | 360                                      | 22:50                                                | 4 (K)                            | 48                                     | 5                                     | *21                                                                                          | 37,8                                              | 7. 11. - 29. 12. 2019            | 03_amfibolit_2 (amphibolite)                                                                                      |
| 9,68                                                         | 0,4                                            | bez upravený / elder modified, 19                                                  | 9                               | 360                                      | 26:55                                                | 3+4 (K), 4 (P), 4 (J)            | 48                                     | 5                                     | *21                                                                                          | 12,8                                              | 2. 1. - 3. 2. 2020               | 04_amfibolit_3 (amphibolite)                                                                                      |
| 12,67                                                        | 1,33                                           | kostěný upravený / bone modified, 20                                               | 9                               | 350-860                                  | 21:35                                                | 4 (K), 4 (J)                     | 34                                     | x                                     | 21/17                                                                                        | 32                                                | 5.-28. 2. 2020                   | 05_metabazit_želešice (metabasite)                                                                                |
| 12,56                                                        | 0,88                                           | kostěný upravený / bone modified, 19                                               | 12                              | 400                                      | 21:45                                                | 4 (K)                            | 36                                     | x                                     | 21/16                                                                                        | 28                                                | 4.-26. 3. 2020                   | 06_metabazit_2 (metabasite)                                                                                       |
| 9,29                                                         | 1,08                                           | kostěný upravený / bone modified, 20                                               | 4                               | 400                                      | 21:00                                                | 4 (K)                            | 23                                     | x                                     | 26/17                                                                                        | 22,6                                              | 28. 3. - 16. 4. 2020             | 07_metabazit_3 (metabasite)                                                                                       |
| 7,15                                                         | 0,57                                           | bez upravený s dutým hrotem<br>elder modified with hollow point, 23                | 6                               | 380                                      | 45:00                                                | 4 (K)                            | 26                                     | x                                     | 27/12,5                                                                                      | 26,2                                              | 18. 4. - 15. 6. 2020             | 08_gabro_1 (gabbro)                                                                                               |
| 9,05                                                         | 1,34                                           | kostěný neupravený / bone non-modified, 19                                         | 6                               | 408                                      | 40:45                                                | 4 (K), 4 (J)                     | 50                                     | x                                     | **22                                                                                         | 23,2                                              | 16. 6. - 29. 7. 2020             | 09_gabro_2 (gabbro)                                                                                               |
| 2,34                                                         | 0,95                                           | dřevěný jasanový / ash, 28                                                         | 1                               | 400                                      | 9:00                                                 | 4 (K)                            | 47                                     | x                                     | *                                                                                            | 8,5                                               | 29. 6. - 8. 7. 2020              | 10_gabro_3 (gabbro)                                                                                               |
| 6,62                                                         | 1,62                                           | bez upravený / elder modified, 19                                                  | 3                               | 400                                      | 20:00                                                | 4 (K)                            | 36                                     | 12                                    | *23                                                                                          | 34,9                                              | 9.-17. 7. 2020                   | 11_opuka_mlat (opoka)                                                                                             |
| 7,25                                                         | 0,35                                           | bez upravený / elder non-modified, 21                                              | 3                               | 400                                      | 8:00                                                 | 4 (K)                            | 58                                     | x                                     | *26                                                                                          | 2,8                                               | 18.-19. 7. 2020                  | 12_pískovec_1 (sandstone)                                                                                         |
| 11                                                           | 2,2                                            | bez upravený / elder modified, 24                                                  | 11                              | 400                                      | 26:45                                                | 3+4 (K), 4 (J)                   | 66                                     | x                                     | 26/17                                                                                        | 66                                                | 22. 7. - 13. 8. 2020             | 13_vápenec_1 (limestone)                                                                                          |
| 9,43                                                         | 5,67                                           | bez upravený / elder modified, 21<br>plný dřevěný dub / solid oak, 25              | 6                               | 400                                      | 28:30                                                | 3+4 (K)                          | 57                                     | x                                     | *32-24                                                                                       | 50                                                | 29. 7. - 9. 8. 2020              | 14_pískovec_2 (sandstone)                                                                                         |
| 7,3                                                          | 1,12                                           | buk tužka / beech pencil, 16<br>plný dub / solid oak, 25                           | 4                               | 400-500                                  | 27:00                                                | 3+4 (K), 4 (J)                   | 57                                     | x                                     | *30                                                                                          | 40                                                | 11. 8. - 6. 9. 2020              | 15_pískovec_3 (sandstone)                                                                                         |
| 5,33                                                         | 2,29                                           | buk tužka / beech pencil, 16                                                       | 7                               | 400                                      | 32:00                                                | 3+4 (K)                          | 83                                     | x                                     | **22                                                                                         | 83                                                | 18.-27. 8. 2020                  | 16_opuka (opoka)                                                                                                  |
| 12,71                                                        | 3,03                                           | buk tužka / beech pencil, 16                                                       | 2                               | 400                                      | 6:00                                                 | 3 (K)                            | 31                                     | x                                     | 22/7,5                                                                                       | 31                                                | 28.-29. 8. 2020                  | 17_vápenec_2 (limestone)                                                                                          |
| 0,31                                                         | 0,78                                           | buk tužka / beech pencil, 16                                                       | 1                               | 400                                      | 9:00                                                 | 4 (K)                            | 37                                     | x                                     | *15                                                                                          | 7                                                 | 30. 8.-12. 9. 2020               | 18_gabro04 (gabbro)                                                                                               |
| 18                                                           | 3,78                                           | kostěný upravený / bone modified, 19                                               | 4                               | 400                                      | 7:50                                                 | 4 (K)                            | 45                                     | 5                                     | *22                                                                                          | 34                                                | 7.-15. 9. 2020                   | 19_serpentin (serpentine)                                                                                         |
| 4,4                                                          | 4,4                                            | kostěný upravený / bone modified, 19                                               | 2                               | 400                                      | 5:00                                                 | 3+4 (K), 4 (J)                   | 45                                     | 8                                     | *22,5                                                                                        | 22                                                | 16.-20. 9. 2020                  | 20_vápenec_Štramberk (limestone)                                                                                  |
| 7,5                                                          | 17,4                                           | kostěný upravený / bone modified, 20                                               | 2                               | 400                                      | 1:00                                                 | 4 (K)                            | 38                                     | 6                                     | *23                                                                                          | 17,4                                              | 21. 9. 2020                      | 21_pískovec_Palkovice/Beskydy (sandstone)                                                                         |
| 18,13                                                        | 2,25                                           | kostěný upravený / bone modified, 21                                               | 6                               | 400                                      | 15:35                                                | 3+4 (K), 4 (J)                   | 38                                     | 6                                     | *22                                                                                          | 36                                                | 22. 9.-7. 10. 2020               | 22_čedič (basalt)                                                                                                 |
|                                                              |                                                |                                                                                    |                                 |                                          |                                                      |                                  |                                        |                                       |                                                                                              | celkem/total: 425:25                              |                                  |                                                                                                                   |

■ Tab. 1 Záznam průběhu pokusů s vrtáním (pokus 1 až 22) \* nedovrtáno / unfinished, \*\* vrtáno z obou stran / drilled from both sides, \*\*\* dovtáno, spodní průměr neměřitelný / finished, unmeasurable bottom diameter.





■ Obr. 2 Použití plného vrtáku ze silicitu k vrtání opuky autorem před čtyřiceti lety (k rotaci použit ruční kolovrátek).

písek), který má vyšší tvrdost (7) než je tvrdost (5–6) amfibolů a živců tvořících metabazit (Šída 2009, 519).

V eneolitu začaly být používány méně odolné typy lokálních surovin (Přichystal 2013, 189–238), výsledným artefaktem již nebyl jen nástroj pracovní, ale i bojový sekeromlat s důrazem na tvarovou zpracovanost a estetické vlastnosti (Turek 2011).

### Archeologické doklady, zkušenost a autenticita

Způsobem, jak osvětlit výrobní řetězec kamenných broušených nástrojů a interpretovat jeho archeologické doklady, je archeologický experiment. Zdá se totiž, že terénní

výzkum už poskytl maximum možného (Weiner 1996) a již nová fakta nepřibývají. Respekt k realizaci experimentu je však u archeologů patrný. J. Malina (1973, 103) uvádí, že úplné shody experimentu se situací v pravěku nelze dosáhnout, J. Kalferst (2007, 77) experimentální výrobu považuje za zcela samostatnou kapitolu výzkumu a P. Šída (2009, 520) srovnání dovednosti lidí v pravěku a té naší považuje za nemožné, protože oni se jí dlouho učili od svých předků. Na straně druhé na našem území v poslední době vznikla řada praktických pokusů s vrtáním kamene (Knotek – Tichý 2011; Trnka 2016; Fieger 2019; léta praxe vrtání v pražském oddílu Mamuti) s přesahem do prezentace tématu veřejnosti. Tím vyvstaly další důvody tématem se zabývat.



■ Obr. 3 Vývrtka z lokality Bdeněves, Plzeňsko, schussenriedská kultura (expozice muzea v Plzni).



■ Obr. 4 Eneolitický sekeromlat z méně odolné horniny (prachovce?), expozice muzea Štramberk.



Autor této stati souhlasí s tím, že dlouhodobá zkušenost má svůj význam. Sám to pocítil ve vztahu k sérii pokusů, které jsou zde uvedené, oživením své předchozí zkušenosti (obr. 2). Dosavadní pokusy (Tichý 2018; 2019) s vrtáním metabazitu typu Jizerské hory byly rozšířeny autorem o další suroviny používané v eneolitu. Podnětem k tomu byla stať V. Daněčka (2008) o výjimečném nálezu nedokončeného průvrtu eneolitického sekeromlatu v Praze-Bohnicích a souhrnný názor P. Šídy (2009) na vrtání kamene v neolitu a eneolitu jako reakce na ni. V. Daněček nález interpretoval jako nešťastný pokus eneolitického člověka prorazit nedokončený průvrt kamene z opačné strany artefaktu (tj. nejdříve vrtání a poté sekání), kdežto P. Šída jej považuje za doklad záměrné technologie s tradicí od mezolitu, kdy byly ještě před začátkem vrtání vysekány protilehlé důlky pomocí piketáže (tj. nejdříve sekání, poté vrtání). Protože na dně vývrtu se nachází jen drobný kužel (ne vývrtka), bylo vrtání dle Daněčka prováděno vrtákem s dutým hrotem (Daněček 2008, 153), dle P. Šídy vrtákem s hrotem plným, kdy drobný kužel vznikl díky nejmenší rychlosti rotace na hrotu vrtáku, tedy obvodová rotace rychleji zahluchovala plný vrták mimo jeho hrot. Ale především, k rozlomení dle P. Šídy došlo tlakem plného vrtáku na vnější stěny otvoru (Šída 2009, 520).

Za zajímavou polemikou obou autorů stojí otázka způsobu vrtání kamene v období eneolitu a možnost prolínání dvou výrobních tradic – dutého vrtáku (produkuje mírně kuželovité vývrtky) a vrtáku plného (bez vedlejšího produktu). Mezi ně V. Daněček ještě vložil vrták s dutým hrotem produkující drobné kužely na dně vývrtu

během vrtání, tedy u dokončených otvorů archeologicky nedoložitelné. Oproti názoru P. Šídy, že vývrtky jako doklad použití dutého vrtáku známe až z období kultury se šňůrovou keramikou, je patrné, že se vyskytují i ve starém eneolitu jako doklad kontinuity používání dutého vrtáku z neolitu (**obr. 3**; dále příklad nedovrtaného sekermatlatu kultury nálevkovitých pohárů dokládá i Daněček ve své stati, vývrtky ze starého eneolitu doložil i výzkum M. Bekové v Domašíně na Rychnovsku, autor děkuje za osobní sdělení). Proto byly pro zde uvedený pokus voleny konkrétní suroviny z eneolitu (**obr. 4**). Na druhé straně se zdá, že doklad oboustranného důlku a použití plného vrtáku lze najít již v neolitu na tzv. závaží (**obr. 5**). Tedy pokus bylo nutno rozšířit i na pískovce.

### *Experimenty s dutým válcovitým a plným vrtákem*

K plánování pokusu byla využita databáze rozměrů pořízená z originálních artefaktů broušené kamenné industrie z neolitu ze sbírek Muzea východních Čech v Hradci Králové, nález tzv. závaží z výzkumu D11 na lokalitě Jaroměř-Dolní Dolce, sekermatlaty z expozice muzea ve Štramberku, Plzni a dobře publikované doklady různých fází vrtání kamene v neolitu a eneolitu.

Pokusy byly dokumentovány pomocí tabulek s údaji o datu a času vrtání, přibývajících hloubkách otvorů, aktuální délce a úbytku vrtáku, použité hrubosti brusiva (4 je jemnější než 3), čísla a typu použitého vrtáku, hmotnosti závaží přitlačujícího vrták, druhu brusiva (pokud není uvedeno jinak, jde o křemen), druhu vrtaného kamene – jako již Tichý 2019. Rozsah pokusu však tentokrát neumožnil prezentovat na tomto místě všechny údaje, které byly z úsporných důvodů shrnuty do jediné tabulky (**tab. 1**) a budou v úplnosti zveřejněny v budoucnosti. Některé údaje jsou tak uvedeny jen v průměrných hodnotách a nedovolují zhlédnout některé souvislosti při vrtání (např. vliv brusiva a jeho hrubosti na výkon vrtáku a souvislost s obrusem vrtáku).

Pro rotaci vrtáku byl použit (**obr. 6**) stále princip dvojsměrného „štorchovského vrtacího přístroje“, používaný mimo jiných i autorem této stati (Tichý 2018; 2019). O vrtacím zařízení v neolitu jsme schopni říci jen to, že umožňuje nejen rotaci vrtáku, ale i natolik stabilní upevnění vrtaného kamene v daném směru, že občas způsobilo i nechtěné odchýlení od ideálního směru otvoru doložené na originálních vrtaných artefaktech. Kámen byl zřejmě upevněn tak, že jeho polohu nebylo možné přesně kontrolovat.



■ **Obr. 5** Rozlomené tzv. závaží z výzkumu D11 na neolitické lokalitě Dolní Dolce u Jaroměře. Naproti nedovrtanému otvoru je patrný důlek na opačné straně.

Jako brusivo byl opět použit drcený valounový křemen (**obr. 7**), P. Šída (2009, 519) uvádí jako brusivo nadrcený křemenný písek. Drcené valouny křemene však poskytují výhodu nezávadné suroviny, kde jsou po nadrcení všechny hrany ostré. Na podnět J. Prostředníka jsme vyzkoušeli i nadrcený jaspis, a to z výchozu u Hostinného. Občas byl ještě vyzkoušen i silicit glacienních sedimentů (označený v tabulce jako P). Použití tzv. drtičů/otloukačů k přípravě velmi jemného brusiva může mimo našich pokusů (Tichý 2018) podporovat i nález tohoto artefaktu s pozůstatky červeného barviva na třecí ploše v Libišaněch v roce 2019 (Děcký 2018, 230, obr. 32). Přestože z černobílého foto není patrné,



■ **Obr. 6** Konstrukce dvojsměrného vrtáku použitého při pokusech. Vrták je upevněn ve dvou bodech.



■ **Obr. 7** Příprava vlastního brusiva z drceného křemene během pokusu pomocí drtiče z křemene a metabazitu typu Jizerské hory.



kteřou plochu autor považuje za třecí, patří červené barvivo jistě k jemně nadrceným materiálům.

Práce se účastnili především dva experimentátoři (autor této stati a pan K. Kučírek), což umožnilo srovnávat dosažené výsledky (viz poděkování níže). Svůj význam mělo i porovnání s dalšími, méně zkušenými účastníky pokusů. Přestože cílem pokusů primárně nebyly výsledné časy vrtání, bylo prokázáno, že čas ovlivňuje i kvalitu výsledku. Například



■ **Obr. 8** Pokus 1 – metabazit typu Jizerské hory. Cílem pokusu bylo testovat málo upravený vrták ze srnčí kosti. Díky tomu vznikl otvor i vývrtek menšího průměru. Ukázala se nutnost úpravy vrtáku a přesívání brusiva. Pokus byl přerušen, ponechán byl počáteční vývrtek jako srovnávací materiál.



■ **Obr. 9** Pokus 2 (9: 1) – upravený vrták z kosti jelena na amfibolitu z ložiska Markovice u Čáslavi (dovrtaný), použito bylo brusivo z křemene, silicitu a jaspisu. Vyzkoušena byla zátěž různé hmotnosti. Jako optimální se ukázala být hmotnost 360 g. Vyzkoušen byl i kožený vrták z vyschlé hovězí kůže, aby byla rozšířena možná škála použitých materiálů. Neosvědčil se. Pokus 3 (9: 2) – upravený vrták z kosti jelena na amfibolitu z ložiska Markovice u Čáslavi (dovrtaný do spodního poškození kamene, vývrtek ponechán, patrně je tenké mezikruží). Pokus 4 (9: 3) – upravený vrták z bezu (otvor nedokončen).

zdlouhavé vrtání představuje i riziko odlišné pracovní stopy vrtáku v kameni nebo se zužuje nepřiměřeně vrtaný otvor. Podobně významné je dokončení celého průvrtu, jehož charakteristika se v průběhu práce mění. Otvory zůstaly nedokončeny buď z důvodu selhání vrtáku pro daný účel, nebo pro uchování dokumentace pokusu (např. poloha vývrtku v okamžiku prvního kontaktu průvrtu s opačnou stranou kamene). K dokumentaci měnicího se tvaru otvoru nejlépe posloužila fotografická dokumentace průběžného tvaru vrtáku a archivace použitých vrtáků. Tvar vrtáku byl negativním otiskem tvaru navrtaného otvoru.

Celý rozsáhlý experiment měl tři základní cíle:

- **1.** Suroviny neolitu (zde použitý metabazit typu Jizerské hory, amfibolit Markovice, metabazit typu Želešice) vrtat různými způsoby tak, aby autentické byly otvory i vývrtky (pokusy 1 až 7). Většinou byl použit vrták z upravené kosti, v pokusu 4 výjimečně upravená bezová hůlka. V pokusu 1 byla kost jen částečně upravená. V pokusu 2 byl bez úspěchu použit i vrták z hovězí vyschlé kůže. Zatím chybí pokus vrtání metabazitu bezovým upraveným vrtákem (neupravený nepřichází v úvahu kvůli malému rozměru mezikruží).
- **2.** Při vrtání vytvořit na dně vrtáku stopu v podobě drobného kužele, jak je tomu na zlomeném sekeromlatu z Prahy-Bohnic (Daněček 2008; pokusy 8 až 18). Jako suroviny byly použity gabro (dutý hrot z bezu, neupravená kost, plný silnější a slabší

dřevěný vrták), opuka (upravený bezový vrták, plný dřevěný slabší vrták), vápenec (bez upravený, dřevěný slabší plný). Součástí tohoto byl i pokus (**obr. 19**) napodobit otvor nedovrtaného tzv. závaží z Jaroměře-Dolních Dolců (**obr. 5**). K napodobení originálu došlo jen v některých fázích pokusu. V závěrečné fázi se vytvářel na dně otvoru spíše drobný výčnělek zdánlivě podobný kuželu z Prahy-Bohnic. V pískovci ale výčnělek vznikl díky jeho hrubší stavbě zrníček, připomínajících velikostí hrubší brusivo 3. U ostatních surovin vrtaných plným vrtákem výčnělek nevznikal.

- **3.** Suroviny eneolitu vrtat kostěným upraveným vrtákem pro porovnání jejich odolnosti (pokusy 19 až 22). Použit serpentinit, vápenec, pískovec, čedič. Gabro bylo vrtáno neupraveným vrtákem z kosti a opuka nebyla vrtána (u opuky byly použity vždy její pevnější variety).

K vyhodnocení odolnosti surovin je třeba uvést následující komentář:

- **1.** Škála odolnosti vytvořená (od nejodolnější suroviny) použitím upraveného kostěného vrtáku (v závorkách je uvedeno průměrné zahloubení za hodinu v milimetrech, viz také **tab. 1**): metabazit Jizerské hory (0,9 až 1,1), metabazit Želešice (1,32), gabro (neupraveným vrtákem, 1,34), amfibolit (1,45 až 1,85), čedič (2,25), serpentinit (3,78), vápenec (4,4), pískovec (17).
- **2.** Škála odolnosti vytvořená (od nejodolnější suroviny) použitím bezového vrtáku: amfibolit



■ **Obr. 10** Pokus 5 – metabazit typu Želešice vrtaný upraveným kostěným vrtákem.





■ Obr. 11 Pokus 6 – metabazit typu Jizerské hory vrtaný kostěným vrtákem z jelení kosti.

(0,4), gabro (0,57), vápenec (2,2), opuka (1,62).

- 3. Škála odolnosti vytvořená (od nejodolnější suroviny) použitím plného dřevěného vrtáku: gabro (0,78 a 0,95), opuka (2,29), vápenec (3,3), pískovec (5,67, ve formě blízké slepenci 1,12).

Problémem uvedené škály je skutečnost, že gabro bylo vrtáno jen neupraveným kostěným vrtákem a opuka nebyla kostí vrtána vůbec. Protože se opuka jeví z výsledku dřevěných vrtáků trochu odolnější než vápenec, byla na škále zařazena mezi serpentinit a vápenec (viz níže).

K vyhodnocení surovin použitých vrtáků lze uvést jako nejodolnější kost, výrazně nižší výkon má bezový vrták, který se dokonce ve své podobě blízké upravené kosti stal nepoužitelným při vrtání amfibolitu (metabazit nebyl zatím vrtán).

## Závěr

Zde zveřejněné pokusy obohatily naše poznání o nedoložených částech výrobního řetězce kamenných broušených nástrojů/zbraní v neolitu a eneolitu a pomohly upravit interpretace stávajících archeologických dokladů.

**1. Dokumentované stopy (dokončené otvory, nedokončené otvory) různých typů vrtáků mohou sloužit jako základ srovnávací databáze (obr. 8 až 27) a podklad k posouzení použitého typu vrtáku na originálních artefaktech.**

Pokud máme napodobit exaktně rozměry mezikruží nedovrtaných

otvorů originálních artefaktů, musíme použít upravený tenkostěnný vrták. To vedlo k autentickým pracovním stopám v případě kostěného vrtáku, upravený bezový vrták pokusu 3 ale nebyl schopen pokračovat. Při vlhčení stěny vrtáku nabobtnaly a obrousily se do extrémní tenkosti neschopné další práce. Pokus ale zatím nebyl proveden na metabazitu typu Jizerské hory.

Použití plného vrtáku potvrdilo (Šída 2009, 520) jeho nízkou efektivitu. Předhloubení otvoru vysekáváním můžeme skutečně na základě zkušenosti pokusů považovat za pomůcku k tomu, aby se vrták uchytí k vrtání. Ze zahraničí ale známe i jen oboustranně mělce vyhloubený důlek, kde na jedné straně již vrtání započalo (Petrequin – Petrequin – Bailly 2006, 387), tedy bez hlubšího vysekávání. Plný vrták se částečně osvědčil pouze na pískovci. Snahou pokusu 14 bylo napodobit nedokončený otvor na tzv. závaží z neolitu (obr. 5). Zajímavé bylo, že podobný tvar poskytl jen jedna z několika fází tvarování hrotu plného dřevěného vrtáku (obr. 19). Po delší době vrtání se začal tvořit na hrotu vrtáku důlek, ne však od počátku vrtání.

Cílem pokusů s plným a dutým neupraveným vrtákem bylo napodobit vznik drobného kužele na dně průvrtu známého z Prahy-Bohnic (Daneček 2008). Neupravený kostěný vrták (obr. 28) však vytvářel (drobnější) vývrtek, ne drobný kužel. Žádný vnitřní průměr kosti nemůže být tak úzký, aby vývrtek průběžně odstraňoval. Kužel se podařilo napodobit jen v případě bezového vrtáku s dutým hrotem při pokusu 8 vrtání gabra (v Praze-Bohnicích šlo dle V.



■ Obr. 12 Pokus 7 – metabazit typu Jizerské hory vrtaný kostěným vrtákem z jelení kosti.



■ Obr. 13 Pokus 8 – gabro vrtané bezovým vrtákem s dutým hrotem, v průběhu vrtání se čtyřikrát vylomil drobný kuželovitý vývrtek.



■ Obr. 14 Pokus 9 – gabro vrtané oboustranně kostěným neupraveným vrtákem z jelena (oba otvory se spojily s mírným schůdkem).



■ Obr. 15 Pokus 10 – gabro vrtané plným jasanovým vrtákem většího průměru.





■ Obr. 16 Pokus 11 – opuka vrtaná upraveným bezovým vrtákem.



■ Obr. 17 Pokus 12 – pískovec/slepenec vrtaný neupraveným bezovým vrtákem.



■ Obr. 18 Pokus 13 – vápenec vrtaný upraveným bezovým vrtákem.



■ Obr. 19 Pokus 14 – pískovec měkký vrtaný: zleva nahoře dubovým plným vrtákem zaobleným, dubovým plným vrtákem plochým, bukovým vrtákem s tužkovým hrotem, dole bezovým neupraveným vrtákem (kámen změknl máčením brusiva a po vyschnutí opět ztvdnul), na dně otvorů vznikly velmi drobné výčnělky.



■ Obr. 20 Pokus 15 – pískovec/slepenec vrtaný větší dubovým plným vrtákem a následně (po zúžení otvoru) tenčím bukovým plným vrtákem.



■ Obr. 21 Pokus 16 – opuka vrtaná plným bukovým vrtákem s tužkovým tvarem hrotu.



Daněčka o diabaz). Náznačky kuželů na dně průvrtu se tvořily i na dně vývrtů v pískovci (pokus 14). Pískovec se však chová specificky díky složení z hrubších zrníček (v porovnání se všemi ostatními surovinami), podobných velikostí hrubšímu brusivu 3 (hrubost 4 odváděla v tomto pokusu jen minimální výkon). Průvrt z Prahy-Bohnic tedy vznikl spíše použitím dřevěného vrtáku s dutým hrotem. To odpovídá i výsledku pokusu J. Maliny (1973), kde při použití neupraveného bezového vrtáku vznikl na dně otvoru amfibolitu z Markovic drobný kužel.

**2. Testování odolnosti použitých surovin jednoduchým autentickým vrtáním (metabazit typu Jizerské hory je nejodolnější surovinou, poté sestupně zelený metabazit typu Želešice, gabro, amfibolit, čedič, pískovec/slepence, serpentinit, opuka, vápenec, pískovec).**

Pro stanovení odolnosti surovin by bylo možné jistě přibližně použít škálu tvrdosti minerálů, z nichž se skládají, ale použití jednoduché technologie odpovídající době kamenné považujeme za autentičtější. K těmto technologiím patří i broušení a řezání kamene, vrtání je však nejlépe měřitelné. (Souběžně probíhají zde nezmínované pokusy s řezáním a broušením kamene autentickým způsobem.) Testování odolnosti surovin od sebe zřetelně oddělilo metabazit typu Jizerské hory jako surovinu neolitu (spolu s dalšími v pořadí – amfibolitem Markovice a zelenými břidlicemi Želešice) od období eneolitu s lépe opracovatelnými surovinami, které neodpovídají pevnosti potřebné pro pracovní sekeru, ale sekeromlatu jako zbraní. Přednost těchto surovin se jeví v možnostech jejich snadnějšího tvarování do podoby sekeromlatů složitých až prestižních tvarů. K nim patří čedič, pozice gabra v pokusu (viz výše) není zatím zcela jasná, samostatnou skupinu tvoří serpentinit, vápenec, opuka a pískovec.

**3. Poznání dalších zásad jednoduchého vrtání upřesňující výrobní řetězec broušených kamenných nástrojů.**

Zdá se, že mohou existovat dva způsoby použití pískovcového **výstružníku**. Výstružník kombinovaný

s rovnými brousky (uvádí Šída 2004, 173) mohl sloužit k úpravě hran průvrtu (Šída 2004, 186). Zvláště aktuální to mohlo být při vylomení části suroviny při dovrátání otvoru (odlomená surovina je napojena na spodní část vývrtku), ale také při zabroušení ostré hrany na spodní části otvoru, pokud se vnější kruhový břit vrtáku stočil dovnitř a ještě více zúžil otvor na jeho užší straně (**obr. 12–13, 22**). Druhý typ výstružníku se dochová jako část válcovitého tvaru (např. Davidová et al. 2004, **obr. 5: 5–6**), mohl sloužit k úpravě vnitřního průměru vrtáku (**obr. 29**), což se jeví jako zásadní pro správné fungování upraveného vrtáku (tj. směřuje při vrtání téměř kolmo dolů a nevytváří příliš kónický tvar otvoru).

Naproti počátečnímu důlku pro vrtání **vyřukaný druhý otvor** (**obr. 30**) P. Šidou kladený do eneolitu (Šída 2009, 520) se možná používal už v neolitu (**obr. 5**). Ne však na metabazitu typu Jizerské hory, kde vysekat takový důlek není reálné. U méně odolných surovin eneolitu druhý důlek odstraňuje riziko vyštípnutí kamene na spodním (širším) konci vývrtku. Takovou technologii tedy nemusíme nutně hodnotit jako krok zpět (Šída 2009, 518). Je to technologie řešící starý problém (z dob vrtání metabazitu v neolitu) na jiném typu surovin, které to umožnily.

**Zátěž vrtáku** nemůže být velká, protože vytlačuje brusivo z hrotu vrtáku, čímž se vrtání zpomaluje. Závaží 360 g se osvědčilo spíše pro vrtání metabazitu, závaží 400 a více gramů na méně odolné suroviny ostatní. Použití je však věcí citu. Průběh vrtání je hledáním optimálního nastavení hmotnosti závaží tak, aby se vrták zbytečně příliš neobrušoval bez užitku a aby byl brusný efekt (zahlubování vrtáku) co největší. Tento vztah byl opakovaně ověřován a jeví se jako platný. V každém případě vrták není opřený silou, která by rozlomila kámen při vrtání, jak se obává P. Šída (2004, 186; 2009, 518). Vývrtky, které se v neolitu koncem vrtání vyloмили i s kusem vrtaného nástroje, nejsou důsledkem tlaku při vrtání. V našich pokusech se ukázalo, že když vrták dosáhne na metabazitu typu Jizerské hory opačné strany kamene neupravené vysekaným/vyřukaným důlkem – což

u metabazitu není možné –, prořízne se vrták vždy jen na výseku kružnice hrotu vrtáku, a tudíž odtéká brusivo z otvoru ven, nelze tedy dál vrtat, ale vývrtke je stále spojen s kamenem. Vylomení vývrtku je kvůli tomu nezbytné a provází jej i zbytek většího či menšího kusu kamene po obvodu spodní části vývrtku.

K rozlomení kamene v průběhu vrtání při našich pokusech nedošlo nikdy ani u méně odolných druhů surovin používaných v eneolitu. Tedy ani v případě sekeromlatu z Prahy-Bohnic k rozlomení kamene nedošlo s velkou pravděpodobností při jeho vrtání kvůli tlaku předpokládaného plného vrtáku do stran (Šída 2009, 520).

V průběhu vrtání se výrazně **mění stopa po vrtáku**. Nejprve je mezikruží mělké a má ploché dno. Šířka mezikruží může být dána počáteční vibrací vrtáku, jindy je dochována velmi tenká linie hrotu vrtáku na samém počátku vrtání. Je možné, že je ta či ona možnost dána kvalitou upevnění vrtáku. V hloubce kolem centimetru se vrták začne zařezávat do tvaru ostrého V. S rostoucí hloubkou je pozice vrtáku pevnější a ztrácí se také možnost ovlivnit rozměr mezikruží. Nové vrtáky se tvarují dle předchozí stopy. Řešením směru vrtání je síla vrtáku přesahující na obě strany od nejhlubšího postavení onoho V. Pak vrtání pokračuje relativně kolmo dolů. Což je podstatně hlavně u hlubších otvorů. Otvor nesmí být natolik kónický, aby bylo možné ve vrtání pokračovat a výsledný otvor se dal použít k nasazení násady.

V tomto světle je pravděpodobnější, že druhý artefakt (z neolitu) zobrazený V. Daněčkem (2008, **obr. 1**) je polotovarem vrtaného nástroje v počáteční fázi vrtání valounu, nikoli artefakt, který tlačil shora na vrták, jak uvádí P. Šída (2009, 520).

**Brusivo 4** se stalo nejpoužívanější hrubostí, která odpovídá spíše prachu, je tedy archeologicky nezjistitelné. Hrubší brusivo 3 bylo používáno spíše v případech, kdy bylo třeba rozšířit dočasně zárez vývrtu, nebo při vrtání hrubšího materiálu, jako např. pískovce/slepence. Obě hrubosti nelze smísit, jemnější z nich ztrácí účinnost. To předpokládá použití sítky.





■ Obr. 22 Pokus 17 – vápenec vrtaný plným bukovým vrtákem s tužkovým tvarem hrotu.



■ Obr. 25 Pokus 20 – vápenec Štramberk vrtaný kostěným upraveným vrtákem z jelena.



■ Obr. 23 Pokus 18 – gabro s mělce vytukaným důlkem vytvořeným před vrtáním bukovým plným vrtákem s tužkovým tvarem hrotu.



■ Obr. 26 Pokus 21 – pískovec Pálkovic/Beskydy vrtaný kostěným upraveným vrtákem z jelena.



■ Obr. 24 Pokus 19 – serpentinit vrtaný kostěným upraveným vrtákem z jelena.



■ Obr. 27 Pokus 20 – čedič Ralsko vrtaný kostěným upraveným vrtákem z jelena.



#### 4. Zpětná reakce na způsob dokumentace vrtaných broušených nástrojů v odborné literatuře (nejsou měřeny nepočetné a základní rozměry).

Plánování pokusů a srovnávání replik s archeologickými předlohami ukázalo, že v odborné literatuře jsou málokdy publikovány metrické údaje o technologických stopách opracování kamene v neolitu a eneolitu. Do budoucna by situaci zlepšilo uvedení hloubky otvoru vrtaného kamene, obou průměrů otvoru, totéž v případě vývrtku.

#### 5. Upravený názor na vývoj vrtání kamene v neolitu a eneolitu na základě archeologických analogií (použití plného a dutého vrtáku v neolitu a eneolitu souběžně).

Vrtání dutým vrtákem je doloženo v neolitu Balkánu při zpracování kosti (Vitezović 2012). Objevuje se později při vrtání kamene i ve Švýcarsku (Ramseyer 1992, 36), ve Švédsku (Lekberg 2002, 172–173). Přehledně způsoby vrtání uvedl rozsáhle již A. Rieth (1958) pro širší oblasti Evropy včetně lokalit našeho území. Specifické způsoby vytváření otvorů doložil z území Francie R. Agache (1959). Ze všech prací vyplývá, že rozšíření použití

dutého vrtáku je známé od počátku neolitu a z následujícího období časově odpovídajícího našemu eneolitu z rozsáhlých oblastí Evropy. Někde dutý vrták provází i specifické vrtání plným vrtákem nebo vyřezávání otvoru. Z pohledu šíření neolitu v okrajových oblastech dokladů přibývá. Tam mohou navazovat na mezolitické tradice, jak uvádí i P. Šída (2009, 518). Nejsou však zřejmě způsobem jediným. Použití dutého vrtáku s vývrtekem jako vedlejším produktem bylo vždy způsobem velmi efektivním i na nejodolnějších typech kamene.

#### Výhled pokusu

I zde uvedené rozsáhlé pokusy neřeší vše. V budoucnu bude zajímavé vyzkoušet jednosměrné vrtání a vrták velkého průměru otvoru a otvoru maximální hloubky doložené archeologickými nálezy (obr. 31).

#### Poděkování

Autor děkuje spolupracovníkům Karlu Kučírkovi a Stanislavu Lukšovi za podnětné diskuze v průběhu vrtání a přípravu pokusů. Antonínu Přichystalovi za doporučení a konzultaci použitých surovin. Zameštnancům Archeoparku Věstary a studentům FF UHK letní praxe 2020 za pomoc a úsilí.



■ Obr. 28 Zbytky neupravených vrtáků z jelení kosti. Nepravidelný vnitřní tvar zvětšuje mezikruží vznikajícího otvoru a zmenšuje průměr vývrtku až do neregulárních rozměrů zatím neznámých z originálů (možná nenalezených díky drobné velikosti).



■ Obr. 29 Použití výstružníku z pískovce k úpravě vnitřního otvoru vrtáku z jelení kosti.

■ Obr. 30 Opuka s menším vytukaným důlkem pro plný bukový vrták tužkovitého tvaru a na opačné straně vytukaný širší důlek, který umožní lepší spojení provrtaného otvoru a umožní odstranění prstence nedovrtaného kamene průbojníkem nebo výstružníkem.



## Použitá literatura

- Agache, R. 1959: Outillage lithique perforé de la Somme, Bulletin de la Société préhistorique française Année 1959, 403–416.
- Brestovanský, P. 2007: Dilenské sídliště z mladší doby kamenné, kultury vypíchané keramiky, v Příšovicích, Sborník Národního památkového ústavu územního odborného pracoviště v Liberci 2007, 111–118.
- Daněček, V. 2008: Názorné poučení z dávnověku aneb Chyba v pravěké technologii výroby broušené industrie ze Zámky v Praze-Bohnicích, Archeologie ve středních Čechách 12, 151–154.
- Davidová, T. – Šída, P. – Šreinová, B. – Šrein, V. 2004: Kamenná industrie z objektu 36 v Horkách nad Jizerou, okr. Mladá Boleslav, Archeologie ve středních Čechách 8, 193–208.
- Děcký, D. 2019: Předběžná zpráva o výzkumech MVČ v Pardubicích v neolitické lokalitě v Libišaněch (okr. Pardubice) v první polovině roku 2019, Archeologie východních Čech 18, 221–264.
- Fieger, J. 2019: Kuželový vrták – nová možnost vrtání kamenných nástrojů v pravěku, Živá archeologie 21, 18–20.
- Fridrich, J. – Kovářik, J. 1980: Příspěvek k dobývání a zpracování kamenných surovin v eneolitu, Archaeologica Pragensia 1, 39–54.
- Kalferst, J. 2007: Neolitické dílny na Bystřici. In: 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 12, 19–28.
- Lekberg, P. 2002: Yxors liv – Människors landskap. En studie av kulturlandskap och samhälle i Mellansveriges senneolitikum. Uppsala.
- Malina, J. 1973: Petroaeological notes on manufacturing technology of Neolithic Polished Stone Industry, Scripta Fac. Sci. Nat. UJEP Brunensis, Geologia 2–3, 3, 103–107.
- Petrequin, P. – Petrequin, A.-M. – Bailly, M. 2006: Vues du Jura français: les premières tractions animales au Néolithique en Europe occidentale. In: P. Petrequin – R. M. Arbogast – A.-M. Petrequin – S. van Willigen – M. Bailly (eds.), Premiers chariots, premiers araires. La diffusion de la traction animale en Europe pendant les IV<sup>e</sup> et III<sup>e</sup> millénaires avant notre ère. Paris, 361–398.
- Prichystal, A. 2002: Objev neolitické těžby zelených břidlic na jižním okraji Jizerských hor (severní Čechy) – abstrakt, Kvartér (Brno) 8, 12–14.
- Prichystal, A. 2013: Lithic raw materials in prehistoric times of Eastern Central Europe. Brno.
- Ramseyer, D. 1992: Les Cités lacustres. Le Néolithique dans le canton de Fribourg (Suisse) de 3867 à 2462 av. J. C. Treignes.
- Rieth, A. 1958: Zur Technik des Steinbohrens im Neolithikum, Zeitschrift für schweizerische Archäologie und Kunstgeschichte = Revue suisse d'art et d'archéologie 18, 3, 101–109.
- Šída, P. 2004: Neolitická broušená industrie v oblasti horního Pojizeří. Dilenské areály a technologie výroby, Archeologie ve středních Čechách 8, 137–192.
- Šída, P. 2009: Technologie vrtání kamene od paleolitu po eneolit. Několik poznámek k článku Vladimíra Daněčka „Názorné poučení z dávnověku“ (ASČ 12, 151–154), Archeologie ve středních Čechách 13, 518–521.
- Šrein, V. et al. 2002: Neolitický těžební areál na katastru obce Jistebko, Archeologie ve středních Čechách 6, 91–99.
- 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.
- Trnka, R. 2016: Dutý vrták a kámen – vše dávno známe? Rekonstrukce a prezentace archeologických objektů 5, 18–22.
- Turek, J. 2011: Stone axes of Bohemian Eneolithic Period. Changing forms, context and social significance. In: V. Davis – M. Edmonds, Stone Axe Studies III, Oxford, 385–398.

Vitezović, S. 2012: The white beauty – Starčevo culture jewellery, Documenta Praehistorica 39. Ljubljana, 215–226.

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

## Summary

### Experiment with drilling source materials of Neolithic and Aeneolithic polished stone tools (hollow and solid drill)

The article presents the continuation of an experiment in drilling stone, with hollow drill using abrasive material prepared with help of crushers, using a simple drilling kit of a two-way drill fasten at two fixed points (Fig. 6). After an initial experiment with drilling metabasite of Jizerske hory type with a copper drill (Tichý 2018) and experiments with drills from horn and red and roe deer bones (Tichý 2019) we carried out a series of twenty-two tests (Table 1, Fig. 1) with different types of drills (hollow – modified for example Fig. 24 and non-modified Fig. 28, solid, with a hollow point Fig. 13). Altogether 25 finished and unfinished holes (Fig. 8 to 27) were made in different materials (metabasite of Jizerske hory type, amphibolite, limestone, sandstone, gabbro, serpentinite, basalt). All tests confirmed that drilling with a cylindrical drill creates a conical core comparable to Neolithic or Aeneolithic originals. There were differences according to the material of the drill (bone, wood, leather). A modified drill from elder could not finalise a hole in amphibolite (Table 1, test 4, Fig. 9:3). The principle of the need for a constant inner diameter of a hollow drill remained. For that, it was possible to successfully use a sandstone reamer (Fig. 29). As abrasive material (own production Fig. 7) we used quartz grain 3 and 4 (the scale based on our experiments), silicite and jasper. The solid drill did not work well though it was effective with sandstone (Fig. 19 and 20) where a wooden hollow drill was unusable (Fig. 17) when the sandstone contained bigger grains. All tests were compared with archaeological originals from museums or well published artifacts from the Neolithic and Aeneolithic periods. The emphasis was given especially to the size of the ring of the original artifacts (width up to 8 mm) where a hollow drill was used. The results are 1) documented traces (finished and unfinished holes) made with various drills as a basis for comparable database (Fig. 8 to 27), 2) testing of resistance of the used materials with simple authentic drilling (metabasite of Jizerske hory type was the most resistant, then in descending order amphibolite, gabbro, basalt, sandstone/conglomerate, marlstone, limestone, serpentinite), 3) realisation of further principles of simple drilling particulasing chaîne opératoire of polished stone tools, 4) feedback to the way polished stone tools are documented in studies (number of dimensions are not measured) and 5) corrected view of the development of drilling in the Neolithic and Aeneolithic on the basis of archaeological analogies (a parallel use of solid and hollow drill in the Neolithic and Aeneolithic).

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



■ Obr. 31 Polotovár vrtané sekery z metabazitu typu Jizerské hory silný 72 mm (!). V době uzávěrky časopisu byl otvor dovtán po 65 hodinách a spotřebováno bylo 112 cm kostěných vrtáků.