

Tvarování broušeného nástroje

Experiment řezání a broušení při výrobě kamenné broušené industrie neolitu

Technologie broušení je pro neolit typickou a často ji bereme bez povšimnutí jako dobře poznanou, protože je finální a dobře patrnou úpravou kamenných broušených seker a teslic. Při tvarování nástrojů ale nemůžeme zjistit dosah použití řezání ani využití přirozených tvarů suroviny, protože ty jsou broušením překryté. Máme tak tendenci upřednostňovat význam štípání polotovary při tvarování nástroje. Při zde uvedených pokusech (obr. 1) jsme výběr suroviny řídili její kvalitou, což je v případě metabazitu typu Jizerské hory nutné. Mnohé kusy nebyly dále upravitelné štípáním a proběhlo hned broušení. Nebo bylo broušení provedeno po odříznutí nepotřebného kusu materiálu. K řezání byly použity pískovcové pilky, které se dochovaly na neolitických sídlištích výjimečně, ale osvědčily se. Broušení velkých seker (délky okolo 30 cm) vyžadovalo brusy větších rozměrů (délka přes 40 cm), než představují drobné jemnozrné brousky hojně nalézané na sídlištích. Malý počet brusů je však doložen. Možná, že ty, co chybějí, byly skartovány použitím pískovce (brusivo, menší brousky?) na sídlišti, nebo existují *polisoáry* mimo sídliště.

■ Radomír TICHÝ
Iva DOHNÁLKOVÁ
Martin DRAHORÁD
Michaela NIKOLAJEVOVÁ
Veronika TRUBAČOVÁ
Martin TÝFA

Úvod

Výroba broušených kamenných nástrojů patří k základním charakteristikám neolitu. Zvláště broušení

se jeví jako dominantní technologie, protože finálně dotváří největší část povrchu nástroje. Broušení také maže stopy předchozích technologií ve výrobním řetězci a jeví se nám rovněž jako jasná a vyřešená technologie. Důvodem jsou nálezy brousků na sídlištích. Jsou to ale opravdu nástroje, které sloužily ke tvarování například i velkých artefaktů? Nejsou příliš malé a jemnozrné? A bylo broušení skutečně tak snadné, zvláště když závěry o něm děláme na základě experimentální výroby pouze drobných předmětů? V komplexní práci *Jürgena Weinera* (1996) se uvádí vliv použité suroviny na průběh broušení. Přesto s touto skutečností pracujeme často příliš benevolentně. Jako by na tom nezáleželo. Zásadní vliv na utváření nástroje mohlo mít také řezání, přestože jeho použití může být zastíeno pozdějším obroušením (*Weiner* 1996, 126; *Stolz* 2016, 105). Možná právě proto bychom měli zkoumat přednosti, které přináší pro výrobní postup. Pomůže nám to lépe chápat celý výrobní řetězec.

Podnětem k této práci byly doklady řezání kamennými pilkami známé ze zahraničí (*Weiner* 1996;

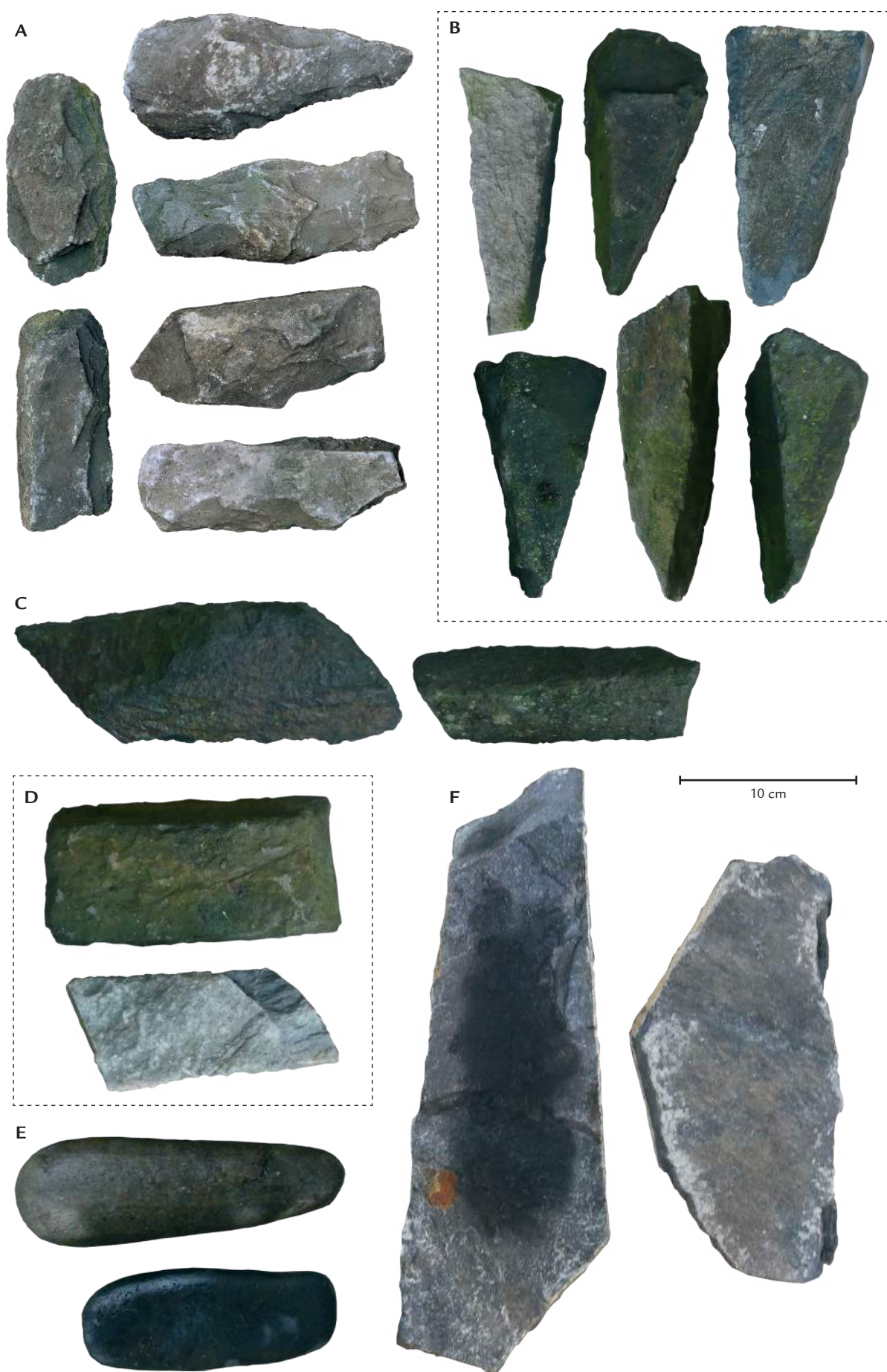
Stolz 2016), ale identifikované i na našem území (*Stolz* 2016). Jako frekventovanou oblast s doklady řezání (polotovary, stopy na nástrojích, odpad) zmiňuje Daniel *Stolz* východní Čechy (*tamtéž*, 108). Jistě platí to, že hlavní bolestí tohoto regionu jsou nezpracované výzkumy a původ souborů z povrchových sběrů. Proto naše úvahy o řezání a broušení dáváme do kontextu vyhodnoceného sídliště kultury s vypíchanou keramikou v Jaroměři (*Burgert* 2019) a Přisovicích (*Brestovanský* 2011), nepublikovaných nálezů z výzkumu na trase D11 mezi Hradcem Králové a Jaroměří a vlastní databáze dokladů řezání z muzea v Hradci Králové. Provedené pokusy cílí na nejhrouževnatější materiál neolitu, tedy metabazit typu Jizerské hory (*Přichystal* 2002; *Šrein et al.* 2002), pro srovnání ale používáme i amfibolit od Časlavi a další suroviny, jako čedič, mramor od Sázavy, silicit glacienních sedimentů, gabro, opuku apod. Za zásadní považujeme velikost konečných nástrojů. Mnohé polotovary seker z areálů těžby metabazitu v Jizerských horách, z depotů a hrobů i ojedinělých nálezů v nížině (*Tichý – Proušek* 2011; *Tichý – Zítka – Drahorád* 2021) dosahují, mimo délky do 20 cm, i délky přes 30 cm. Pokud platí, že nálezy ze sídliště patří menším sekerám upraveným z poškozených nástrojů (*Drnovský* 2011; *Tichý* 2021), pak je pravděpodobné, že sekery velkých rozměrů byly v živé kultuře běžnější, než odrážejí archeologické prameny. Proto o výrobě broušených nástrojů zde uvažujeme také v kontextu nástrojů délky přes 30 cm. Ty chybějí v tzv. dílnách na sídlištích (*Kalferst* 2007) i tam, kde se doklady výroby zdají být hojné (*Drnovský* 2011). A je náročnější vyrobit je.

Cíle experimentu

Cílem pokusů bylo vytvářet přednostně velké artefakty, které jsou podstatné z pohledu výroby, a porovnat jejich výrobu s artefakty menšími. Byla provedena



■ Obr. 1 Artefakty vyrobené při pokusech broušení popsanych v této stati (vrtání a štípání viz toto číslo časopisu; foto MD).



■ Obr. 2 A Štípané polotovary jsou rozpoznatelným artefaktem, B přírodní tvary připomínající budoucí nástroje, C přírodní tvary kopytovitého průřezu, D přírodní tvary hranolů, E valouny z řek, F ploché desky (foto RT).

kategorizace forem suroviny tak, jak vstupuje do zpracování technologií řezání a broušení. Byla testována realizovatelnost řezání pomocí kamenných pískovcových pilek na metabazitu typu Jizerské hory a amfibolitu od Čáslavi a broušení různých surovin na pískovci z Chlumu u Hořic. Byla porovnána účinnost broušení a řezání i na stejném kusu suroviny. Přestože můžeme připustit i existenci „pilek“ z organických vrtáků (Jaroslav Fieger úspěšně provádí řezání dřevěnou pilou), cílem bylo preferovat archeologicky doloženou možnost (Stolz 2016), tedy pilku kamennou. Testovány byly dva typy pískovců, Chlum u Hořic a Kocbeře u Dvora Králové. První proslul jako sochařský pískovec a surovina k výrobě brousek, druhý je používán k technickým účelům. Ukázalo se, že použitelný k řezání je jednoznačně kocbeřský pískovec. Pískovec od Hořic byl používán k broušení, protože nebylo možné ignorovat jeho doložení na neolitických lokalitách východních Čech (Burgert 2019, 203). Testovány ale byly i další druhy ke srovnání.

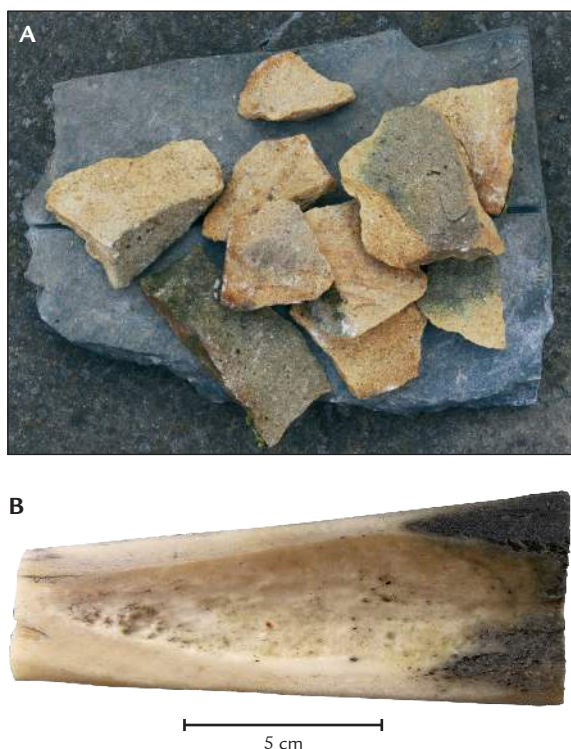
Vztah mezi broušením a řezáním byl důležitou hypotézou pokusu, protože do té doby existoval názor, že ekonomičtější bylo v neolitu

zpracovávat polotovary štípáním (Stolz 2016, 105). Dle našich předchozích zkušeností může být vyštěpaný polotovar naopak důvodem časové náročnosti broušení, pokud jsou jizvy po štípání hluboké a je obtížné odbrousit je. Tento jev je nejčastěji doložen na ostří neolitických seker, ale může se vyskytovat i na jejich hřbetu. Je pravděpodobné, že náš obraz o tvarování broušených nástrojů vytváří štípaný polotovar, který je rozpoznatelným artefaktem (obr. 2A). Při vyhledávání suroviny vhodné ke zpracování jsme ale jednoznačně preferovali její kvalitu. Ta se často vyskytovala i na surovině přírodně členěné, kterou bylo možné využít ve tvarech připomínajících již budoucí nástroje (obr. 2B), ve tvarech kopytovitého průřezu (obr. 2C), ve tvaru hranolů (obr. 2D). Z prostředí koryt řek nemůžeme vyloučit ani přírodní zaoblené tvary (obr. 2E), které poskytují možnost broušení nástroje bez komplikujících jizev po otloukání. Cestou k polotovaru bez štípání je i využití plochých desek (obr. 2F), které známe z depotů broušených nástrojů (Vencl 1975 je nazývá jako suť) a které Petr Zítka dokázal získat členěním suroviny „po vrstvách“ její foliace (Tichý Zítka – Draborád 2021). Tím vznikly plotny dále členitelné řezáním. Všechny uvedené možnosti mimo štípaného polotovaru vytvářejí prostor pro bezpečné broušení tvaru a ostří. Není pochyb o tom, že se v neolitu využívaly oba způsoby, štípání s dobrušováním i samotné broušení (k němu počítáme i předchozí řezání), druhý z nich je ale méně viditelný. Znovu je třeba podtrhnout skutečnost, že k tomuto členění docházíme na základě hledání suroviny pro pokračující experiment s technologiemi používanými v neolitu, jinak se totiž člověk dívá na použitelnost suroviny, kterou chce dál upravovat novodobými kovovými nástroji. Dále chceme upozornit na skutečnost, že ne všechny (včetně mnohých reprezentativních tvarů) broušené nástroje z metabazitu typu Jizerské hory jsou dokonale vybroušené. Často i respektují původní tvar suroviny. Jde například o uváděný tvar hranolu jako možný doklad jihovýchodního vlivu (Stolz 2016, 105). Alternativou k tomu dle našich zkušeností je využití přirozené odlučnosti metabazitu typu

Jizerské hory. A protože není v našich silách datovat podrobněji polotovary a jejich zlomky z těžebních areálů v Jizerských horách, je zatím nemožné řešit problém chronologické podmíněnosti kopytovitého nebo hranolového profilu nástrojů. Nejistota datování se totiž týká i depotů z nížiny (Vencl 1975). Pokud bychom ale měli omezovat uměle (kulturně) možnost výběru suroviny dle jejího přirozeného tvaru, vyloučili bychom příliš velký počet kusů. Přestože dnes můžeme metabazity z těžebních polí Jizerských hor jistě oprávněně považovat za silně v neolitu přebraný (Šída 2004; 2014), i ze zbytků je patrné, že existovala řada variant jeho opracovatelnosti (Tichý – Zítka – Draborád 2021) způsobená zřejmě složením a tvarem metamorfované horniny.

Řezání

Technologie řezání kamene zatím u nás není systematicky dokumentovaná a omezuje se na celková – byť rozhodně ne neplatná – vyjádření. Přestože v našich pokusech pracujeme s databází dokladů technologie vrtání z východních Čech, která zatím nebyla zveřejněna s ohledem na její rozsah, v případě řezání si zveřejnění můžeme dovolit (tab. 1). Z údajů vyplývá několik skutečností, které jsou v souladu se zjištěními J. Weimera (1996, 126–128). Přestože surovina nebyla exaktně určena, převládají doklady řezání na metabazitu typu Jizerské hory. Často jde o opakovanou práci s daným kusem, kdy původní řez nebyl dokončen, nachází se například v umístění přes otvor. Doložen je i oboustranný řez. Řezy jsou známy převážně jen rozměry délky a hloubky, šířka řezu není dochována. To je způsobeno tím, že řez je dokončen a často k nerozeznání překryt pozdějším broušením. Je to ale dáno i hloubkou řezu, pokud jde o započatý řez, je šířka dochována. Větší délka řezu se vyskytuje v předpokládaných výrobních depotech (Čistěves, Lípa?). Díky tomu zůstává v platnosti hypotéza, že mohly být delší řezy realizovány na speciálních (skutečných) výrobních místech. Doložené odlomení po naříznutí suroviny má různou hloubku, tedy řez byl veden do nejrůznější hloubky



■ Obr. 3 A „Pilky“ v našich pokusech z pískovce chlumu u Hořic (foto RT); B kostěná pilka z hovězí kosti (foto ID).



■ Obr. 4 A Řezání amfibolitu moravského původu (pokus 1) a B–C od Čáslavi, E–N zbytek představuje 5 pokusů na metabazitu Jizerské hory (foto: a–g, j–n RT, h, i MD).



■ **Obr. 5** A Porovnání velikosti artefaktů možných brusů (?) z lokality Trotina a Dolce na trase výzkumu D11, B velký brus (?) z lokality Dolce u Jaroměře, C detail piketáže na polotovaru brusy (?) z lokality Dolce u Jaroměře, D silně poškozený kus pískovce se zjevnou obroušenou rovnou pracovní plochou, „Trotina“ (foto RT).

poměrem k síle materiálu, ne však hlouběji než 2 cm. Řez hloubky kolem 2 cm je výjimečný a vyskytuje se opět ve výrobním depotu z Čistěvsí, na Lípě (?), nezařaditelný je nále z Libišan. Hlubší řez obecně souvisí s větší hmotností a velikostí nástroje.

S ohledem na dominanci pískovcového výchozu Skála na nejvýchodnějším ze tří Chlumů u Hořic (Tichý 2021) byly „pilky“ v našich pokusech nejprve vyrobeny z tamního pískovce (**obr. 3A**), brzy ale byly nahrazeny pískovcem kocbeřským (**obr. 4A**), jehož původní výchoz v krajině před zahloubením současného lomu lze také očekávat, je však vzdálenější. Použitelnost pilky byla do jedné hodiny, poté byla ohlazená a rozdrčena na brusivo, které bylo při řezání používáno, a které se rovněž uplatnilo nejlépe. Docházelo tak ke skaracaci použitých pilek. Vyzkoušena byla i pilka kostěná (**obr. 3B**), která mohla napodobit technologii účinného kostěného vrtáku, ale neuplatnila se dobře. Zpočátku byly řezy vyznačeny na kamenné plotně pomocí silicítů. Později ani to nebylo nutné. Výsledky pokusů shrnuje **tabulka 2**. Nejprve byl jako brusivo používán drčený křemen (K), více se však uplatnil zmíněný kocbeřský pískovec (C). Testován byl amfibolit moravského původu (pokus 1 na **obr. 4A**) a od Čáslavi (**obr. 4B–C**), zbytek představovalo pět pokusů na metabazitu typu Jizerské hory (**obr. 4E–N**). Pokusy 4 a 5 představují práci studentů s různým nasazením, proto časové údaje používáme k vyhodnocení jen velmi orientačně. Pokusy „amfibolit 1 a 2“ a „metabazit 1 až 3“ realizovali zaměstnanci Archeoparku pravěku Věststary a považujeme je za vyváženější, i když bez nároku na srovnání s časy z neolitu. Přesto měla volba pokusů za cíl porovnávat náročnost řezů v závislosti na délce řezu a řezaném materiálu. Z výsledků je patrná větší odolnost metabazitu typu Jizerské hory, která byla prokázána už pokusy s vrtáním různých surovin (Tichý 2020). Lze také vysledovat větší náročnost u dlouhých řezů. Nižší výkon pokusu „metabazit 3“ souvisí velmi pravděpodobně s typem metabazitu, který byl pracovní nazván jako „nefritoidní“. U pokusu „metabazit 4“

bylo cílem dosáhnout velké hloubky řezu. S narůstající hloubkou se řezání stávalo obtížnějším. Pokus „metabazit 5“ byl zároveň srovnávacím příkladem použití řezání a broušení.

Broušení

Broušení kamenných nástrojů v neolitu je pro nás tématem, ve kterém zdánlivě není co k řešení. Důvodem jsou nalezené (menší) brousky ze sídliště a občas se podaří doložit i brusy. Šíře pojatý experiment nám ale otázky pomohl najít. Mezi nimi nejzásadnější je vliv velikosti a úpravy polotovaru na průběh broušení. Byla ověřována jednoduchá hypotéza, že na malém (a jemnozrnném) brousku velkou sekeru (délka kolem 30 cm) vyrobit nelze. Archeologie i tak jednoduchou zásadu nerespektuje (např. Bařtová – Šmolíková – Závřel 2011 o úloze brousku v depotu z Prahy-Ruzyně). Naším cílem bylo navázat na pokusy Jiřího Maliny (1973), které se zabývaly i měřitelným broušením a odhalily hlavní poznání o ne tak velké náročnosti výroby broušených nástrojů, jak se tradovalo do té doby. Do našich pokusů jsme se snažili zařadit různé nejčastěji broušené suroviny neolitu.

Východiskem pokusů jsou brusy samotné. Jürgen Weiner (1996, 122) odlišuje od broušení ostří seker broušení tvarovací. To musí probíhat na velkých brusech. Za přirozenou délku brusy danou praktickými potřebami považuje délku 40–50 cm. Nejtěžší brus na neolitickém sídlišti v Příšovicích dosáhl 18 kg (Brestovanský 2011), když jej porovnáme s polotovarem brusy (?) z lokality Dolce u Jaroměře z výzkumu na trase dálnice D11, který váží 21 kg (**obr. 5C**), dostáváme stále nepřilíš velkou pracovní plochu. V jiné části trasy výzkumu na D11, v poloze „Trotina“, byl na povrchu terénu doložen silně poškozený kus pískovce se zjevnou obroušenou rovnou pracovní plochou (**obr. 5D**), s ohledem na umístění v podorníci na polykulturní lokalitě ale není jisté jeho neolitické stáří. I jeho zbytek v porovnání s předchozím (**obr. 5A**) by v původní velikosti velkým brusem jistě mohl být. Můžeme ještě přidat kus z lokality Dolce u Jaroměře (**obr. 5B**), který, zdá se, má křížem

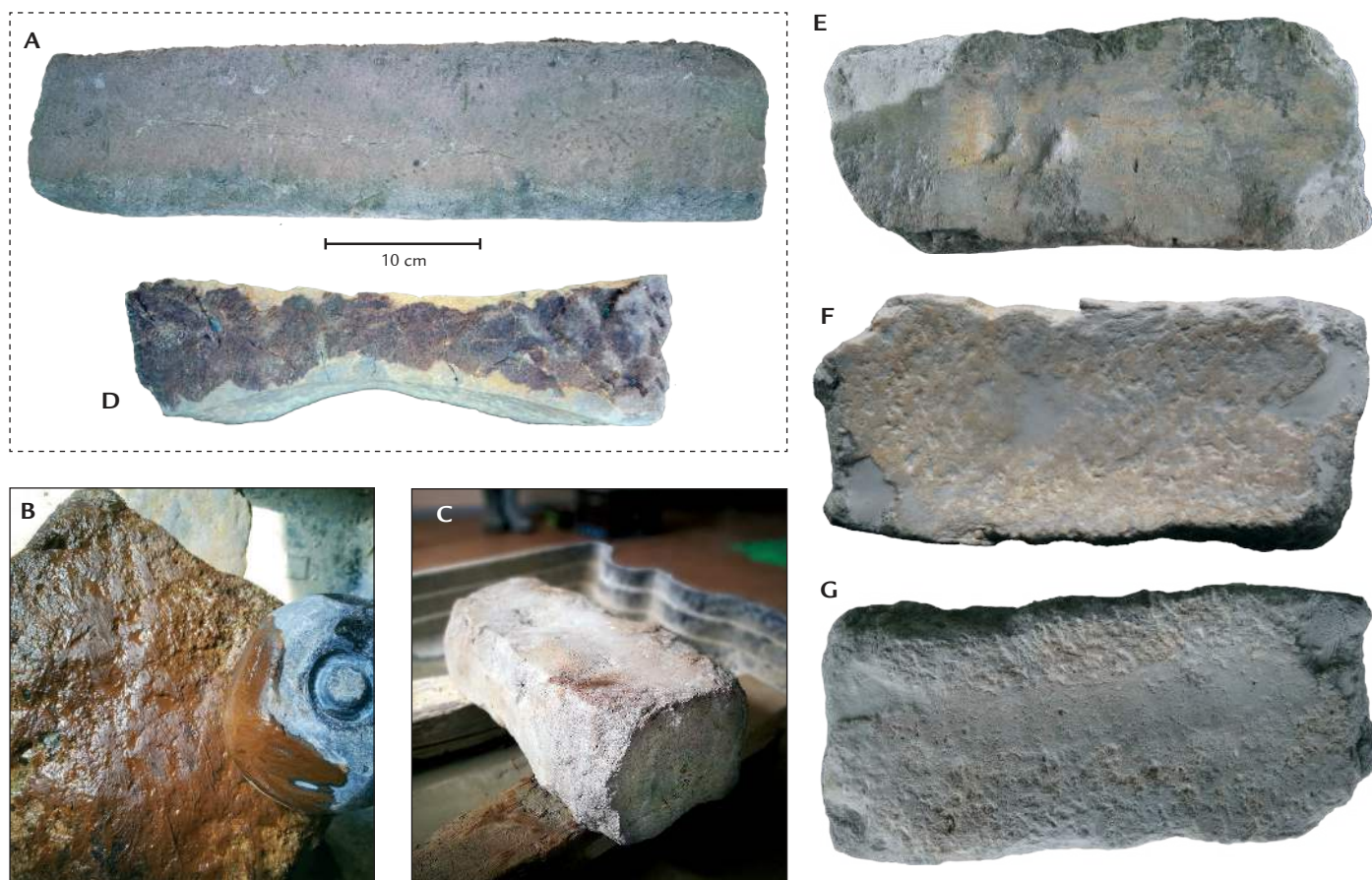
patrné stopy namáhání, možná broušení. Přestože je zřejmě neúplný, jeho délka přesahuje 40 cm. Podobné délky brusů jsme zvolili pro náš experiment (**obr. 6A**).

Jako brus jsme použili hořícký pískovec s ohledem na jeho silné využívání v neolitu ve východních Čechách. Mohly být ale využívány i jiné pískovce (*Burgert 2019, 203*). Zkoušeli jsme železitý pískovec z Vraních skal u Hrádku nad Nisou (**obr. 6B**), hlavně proto, abychom porovnali vlastnosti předchozího. Byl velmi ostrý a výkonnější než pískovec hořícký. Po pokusech 1 až 21 (**tab. 3**) se brus značně ztenčil (**obr. 6C–D**) a získal tvar podobný spodnímu kameni mlýnů. Úbytek nezpůsobilo jen broušení samotné, ale i nutná piketáž povrchu prováděná drtičem/otloukačem. Jde o nástroj považovaný za univerzální. Nález stop červeného barviva na jeho povrchu (*Děcký 2019; Brestovan-ský 2011*) naznačuje funkci drtiče, v našich pokusech se velmi dobře uplatnil jako otloukač pro úpravu

povrchu brusů (*Tichý 2021*), přestože původní hypotézou bylo drcení valounů křemene při výrobě brusiva (*Tichý 2018; 2019; 2020*). Příprava brusiva se přeorientovala na drcení pískovce (*Tichý et al. 2021*), k čemuž by drtič/otloukač mohl být také použitelný. Zcela jistě v současnosti vidíme jeho funkci pro piketáž povrchu brusů, alternativně i mlýnů. Při broušení jsme vyzkoušeli hladký povrch brusů (**obr. 6E**), včetně podsypávání brusivem. Nejvíce však výkon brusů z hoříckého pískovce ovlivnila piketáž (**obr. 6F**). Ta mimo zdrsnění povrchu vyrovnávala i prohlubně (**obr. 6G**) a nerovnosti na povrchu brusů a vystupující hrany brusů. Hrubost piketáže může ovlivnit hmotnost otloukače a síla úderu. Pro hrubší odebrání hmoty je vhodná hrubší piketáž, pro broušení ostří nástroje jemná nebo žádná.

Produkci broušení eviduje **tabulka 3**. Patrná je lepší opracovatelnost amfibolitu oproti metabazitu typu Jizerské hory. Na menším nástroji se

zvýšuje rychlost odběru (**obr. 7A–B** = pokus 2 a 4). Odběr se však liší též v rámci stejné suroviny (metabazit) v závislosti na jeho složení a stupni zvětrání a také velikosti. Snadnější opracování představují suroviny eneolitu, jako je čedič. Nejlépe zpracovatelný je sázavský mramor, což dokládá snadné opracování neolitických náramků broušením (**tab. 3**, pokus 29). Sledován byl ale především vztah mezi opracovatelností polotovaru připraveného štípáním (s jizvami) a polotovaru neštípaného (řezaný nebo přírodní tvaru hranolu s rovnými plochami). Příkladem velkého štípaného polotovaru je pokus 22 (**obr. 7C–D**). Doba jeho broušení je nejdelsí, i když v tomto případě má jistě vliv na výsledek účast velkého množství výrobců s různými zkušenostmi a motivací. Přesto je výsledný čas značně převyšující časy ostatních pokusů. Počtem hodin se ale odlišuje i daleko menší sekera délky přes 20 cm z pokusu 1 (**obr. 7F–G**), na které pracovali pouze zaměstnanci Archeoparku Věstary. Od polotovaru pokusu 4, který je velmi



■ **Obr. 6** A délka a síla nejdelsího brusů z hoříckého pískovce pro náš experiment, B železitý pískovec z Vraních hor u Hrádku nad Nisou, C počáteční síla jednoho z brusů a D konečná síla jiného brusů z našich pokusů; obr C a D zároveň ukazují různé tvarování brusů, nejlépe se osvědčila rovná plocha; E při broušení jsme vyzkoušeli hladký povrch brusů, bez podsypávání i s podsypáváním brusivem, F výkon brusů z hoříckého pískovce nejvíce ovlivnila piketáž, která G vyrovnávala i prohlubně. (foto: a, b, d MD, c RT, e, f, g ID).

dobře tvarovaný štípáním (**obr. 7H**) se pokus 1 liší přítomností nezanebatelných živek na bocích polotovaru (**obr. 7F**) a houževnatostí konkrétního kusu suroviny. K porovnání náročnosti broušení byla, mimo času (s výše uvedenými výhradami), použita metoda *J. Maliny (1973)*, založená na vážení úbytků hmoty po hodině broušení.

Srovnávacím pokusem účinnosti řezání a broušení byla realizace obou technologií na stejném kusu suroviny, při řezání šlo o pokus „metabazit 5“ v **tabulce 2**, při broušení pokus 23 v **tabulce 3** (**obr. 4K–N**; **obr. 7E** dole). Za 20 hodin bylo odobroueno 259 g, za stejný čas byl odříznut dvojnásobek hmotnosti. Hmotnost získaná odřezem se však může zvýšit podle umístění řezu.

Závěry experimentu

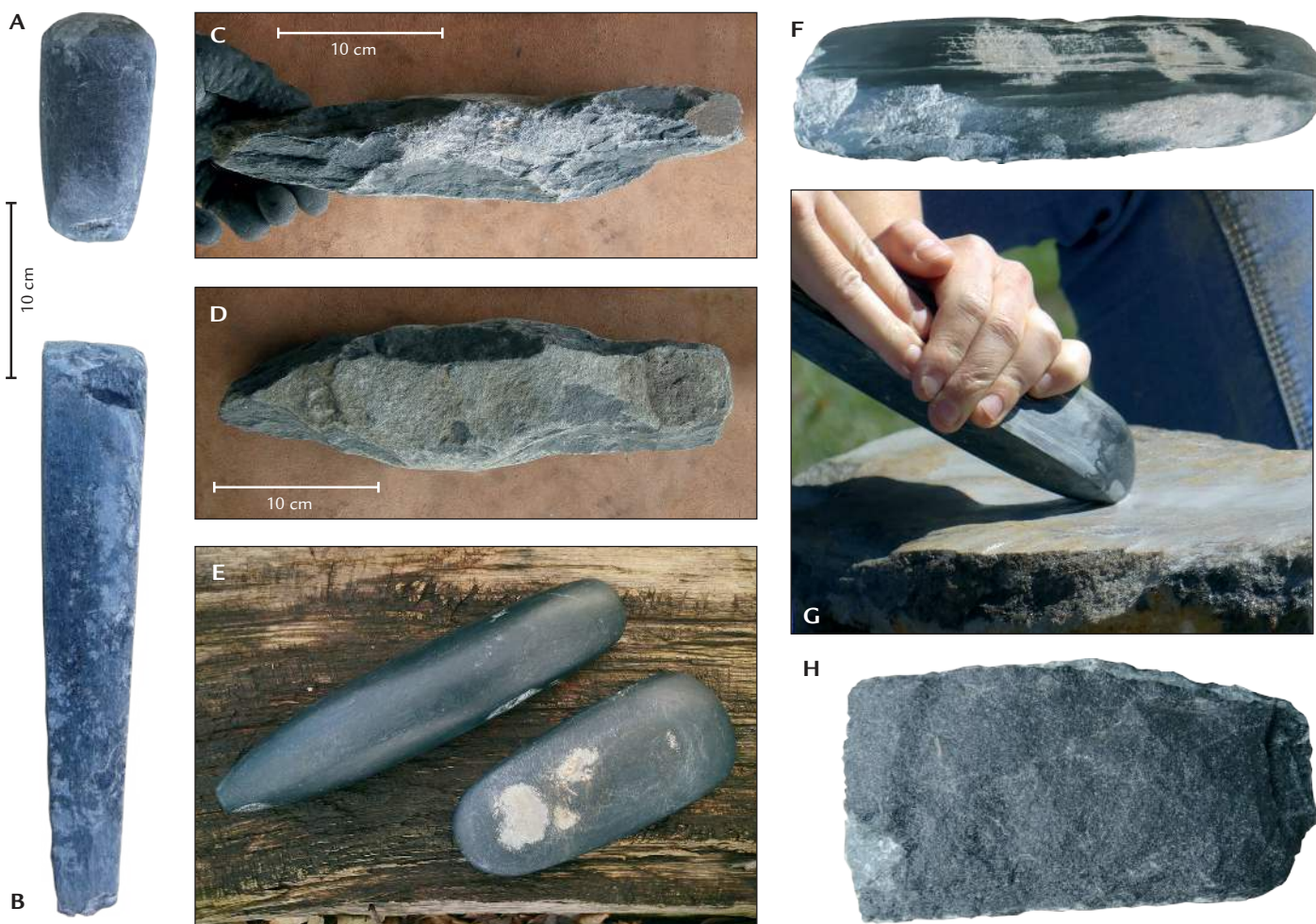
Přestože výsledky pokusů jsou díky účasti většího počtu experimentá-

torů obtížně porovnatelné, lze činit určité závěry o broušení a řezání na základě pokusů provedených autentickým způsobem.

1. Při řezání kamene se uplatnila jednoduchá pískovcová pilka navržená *D. Stolzem (2016)*. Souhlasíme, že v nálezech jsou přítomné již opotřebované, tedy odhozené kusy. Neznáme tedy přesně výchozí tvar pilky. Při použití nebylo nutné žádné složitější upevnění (**obr. 4A**). Pilky našich pokusů nebyly zhotoveny z hořického, ale z kocbeřského, ostřejšího pískovce. Vyplatila se jejich skartace drcením suroviny na brúivo.

2. Teze, že ekonomičtější bylo v neolitu zpracovávat polotovary štípáním (*Stolz 2016, 105*), se jeví v návaznosti na pokračující broušení odlišně. Pokud navazuje opracování polotovaru broušením, bylo potvrzeno, že časově se vyplatí řezat, zvláště na kusech suroviny

s rovnými plochami. Metabazit typu Jizerské hory umožňuje štípání v omezené míře, tedy ne na zdaleka každém kusu suroviny (*Tichý – Zítka – Drahorád 2021*). I kusy suroviny s rovnými plochami (vytvořenými přírodně i odštěpené člověkem) jsou dobře zpracovatelné broušením, absence živek po otlučení dokonce přináší výhody lepšího opracování a časově se nijak neodlišuje od broušení štípaného polotovaru. Na druhou stranu musíme uvést, že další broušení štípaného polotovaru závisí na kvalitě jeho opracování, tedy na hloubce a umístění živek po štípání. Musíme také předpokládat, že optimálně zpracované polotovary byly buď v neolitu vybroušeny, tedy ztraceny našemu poznání, nebo byly ukryty v depotech (*Veňcl 1975*). Poslední jmenované považujeme z pohledu následného broušení za snadno zpracovatelné, až na některé nepravidelné či prohnuté kusy (např. *tamtéž*, **obr. 18**, kde by po vybroušení polotovaru v dané



■ **Obr. 7** Pokusy s broušením: **A, B** na menším nástroji se zvyšuje rychlost odběru pokus 2 a 4; **C, D** čas broušení polotovaru délky 30 cm je nejdelší; **E** velký polotovar délky 28 cm (nahore) vybroušený z původního polotovaru **C, D**; **F, G** menší sekera délky přes 20 cm z pokusu 1; **H** polotovar z amfibolitu z pokusu 4 je velmi dobře tvarovaný štípáním (foto: a, b, h ID, c, d PZ, e MD, f, g RT).

délce došlo k silnému zeslabení průřezu nástroje, na druhou stranu doložené jsou prohnuté sekery, viz **obr. 1**, řešením by také bylo nechat jizvy i po vybroušení na nástroji patrné).

Odlišně se nám jeví méně odolné suroviny eneolitu, kde otloukání/piketáž jsou, na rozdíl od metabazitu, možné. Otloukání polotovarů v eneolitu se jeví jako optimální technologie. Nedokážeme říct, zda přechod na méně odolné suroviny z neolitu do eneolitu způsobila snaha cíleněji tvarovat sekeromlat

(vliv kulturní), nebo zda k tomuto přechodu vedl nedostatek metabazitu v Jizerských horách (a následně umožnil složitější tvary sekero-mlatů). V každém případě se obě technologie, piketáž i broušení, v lepším tvarování méně odolného kamene setkaly a dobře uplatnily.

3. Naše pokusy ukázaly, že i velké sekery délky kolem 30 cm jsou na brusích vyrobitelné. Musíme však stále zvažovat, zda a v jakém množství jsou takové brusy (délky přes 40 cm) přítomné v nálezech na neolitických sídlištích, nebo zda musíme počítat

i s existencí *polisoárů* (broušení na nepřenosném kameni), které uvádí J. Weiner (1996). V každém případě je nutné odlišovat brusy od jemnozrnných brousků, které mohou sloužit k ostření nástrojů, ne však k jejich výrobě. Možná kvůli rozměrům nebo kvůli jeho umístění mimo sídliště. Výroba broušením by mohla velmi dobře probíhat na výchozech pískovce, možná jako v obci Skála u Hořic (Tichý 2021). Pískovce z Chlumu u Hořic bylo možné použít po piketáži otloukačem k hrubšímu a bez piketáže k jemnějšímu broušení. Ne však k výrobě

inv. č. no.	typ řezu cutting type	délka řezu cutting length	hloubka řezu cutting depth	šířka řezu cutting width	celková délka total length	celková šířka total width	celková výška total height	váha weight	krabice box
		mm	mm	mm	mm	mm	mm	g	
1784	přes otvor	132,0	3,5	13,0/6,5	135,0	55,0	45,0	949,0	22 504–2171
1784	oboustranný 1	100,0	22,0	–	135,0	55,0	45,0	949,0	22 504–2171
1784	oboustranný 2	62,0	11,0	–	135,0	55,0	45,0	949,0	22 504–2171
2919	? oboustranný 1	75,0	8,0	–	84,0	52,0	31,0	213,0	2900–2919
2919	? oboustranný 2	60,0	6,0	–	84,0	52,0	31,0	213,0	2900–2919
2660	na boku	81,0	8,5	7,0 ?	84,5	40,0	14,0	73,0	2650–2669
2680	přes otvor	39,5	2,0	3,5	129,0	64,0	49,0	603,0	2680–2689
2691	na boku	188,0	22,0	–	250,0	75,0	55,0	1794,0	2690–2699
2751	vedle sebe 1	57,5	1,2	3,5/4,5	184,0	59,0	31,5	551,0	2740–2759
2751	vedle sebe 2	89,0	0,5	3,0/3,1	184,0	59,0	31,5	551,0	2740–2759
2533	na boku ?	55,0	16,0	–	76,0	44,0	20,0	113,0	2530–2549
2557	na boku	42,0	14,0	–	56,0	53,0	26,0	104,0	2550–2579
2393	na polotovaru	143,0	19,0	15,0 ?	170,0	54,0	29,0	472,0	2390–2391
2430	na boku	49,0	19,0	–	70,0	53,5	34,5	172,0	2430–2459
2462	na boku ?	46,5	6,0	–	57,0	62,0	14,0	57,0	2460–2479
2473	na boku ?	68,0	19,0	–	96,0	31,5	19,0	114,0	2460–2479
2261	na přední straně	87,0	3,0	4,0	52,0	48,0	32,0	387,0	2260–2269
2323	na boku	286,0	26,0	15,0 ?	374,0	86,0	74,0	4530,0	VIII.
2324	na polotovaru	143,0	2,0/3,5/3,0	4,0/5,2/6,0	246,0	102,0	40,0	1860,0	2320–2329
2325	na boku	305,0	19,0	10,0 ?	338,0	50,0	76,0	2420,0	VIII.
2325	na boku	200,0	14,0	–	338,0	50,0	76,0	2420,0	VIII.
2325	na týlu	71,0	11,0	10,0 ?	338,0	50,0	76,0	2420,0	VIII.
1785	na boku	111,0	21,0	–	112,0	47,0	24,0	216,0	
3530	na boku	47,0	11,0	max. 7,0	57,0	50,0	24,0	110,0	
3530	na boku	21,0	8,0	max. 7,0	57,0	50,0	24,0	110,0	
3523	na boku	38,0	19,5	max. 10,0	60,0	57,0	31,0	185,0	
10035	na boku	54,0	13,0	–	95,0	52,0	46,0	396,0	
23360	levý bok	132,0	11,5	–	113,0	52,0	18,0	140,0	

■ Tab. 1 Parametry řezání na neolitických artefaktech uložených v Muzeu východních Čech v Hradci Králové.

vhodných pilek k řezání ani vhodného brusiva k vrtání (Tichý et al. 2021). Tvar brusu z pískovce (obr. 6D) připomíná tvarem i spodní díl mlýnu z pískovce. Tuto podobu může ovlivnit styl práce při broušení. S nejrůznějšími tvary brusů musíme počítat (Weimer 1996, 122–125).

Použitá literatura

Bařtová, D. – Šmolíková, M. – Zavřel, J. 2011: Hromadný nález broušené industrie z mladšího neolitu v Praze-Ruzyni, Archeologie ve středních Čechách 15/1, 67–78.
Brestovanský, P. 2011: Sídliště kultury s vypíchanou keramikou v Příšovicích se zvláštním zřetelům na broušenou industrii, Praehistorica 29, 27–35.
Burgert, P. 2019: Neolit ve východních Čechách. Případová studie jeho mladšího vývoje. Praha: Academia.
Děcký, D. 2019: Předběžná zpráva o výzkumech MVČ v Pardubicích v neolitické lokalitě v Libišanech (okr. Pardubice) v první polovině roku 2019, Archeologie východních Čech 18, 221–264.
Drnovský, V. 2011: Příspěvek k problematice dílen a výrobního řetězce broušené industrie, Živá archeologie. (Re)konstrukce a experiment v archeologii 12, 13–18.
Kalferst, J. 2007: Neolitické dílny na Bystřici. Otázky neolitu a eneolitu našich zemí 2006. Hradec Králové, 77–82.
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.

Přichystal, A. 2002: Objev neolitické těžby zelených břidelic na jižním okraji Jizerských hor (severní Čechy) – abstrakt, Kvartér (Brno) 8, 12–14.
Stolz, D. 2009: Neolitické a eneolitické osídlení Hořovické kotliny. Nepubl. disertační práce. Praha.
Stolz, D. 2016: Doklady řezání na sídlišti kultury s lineární keramikou v Žebráku, okr. Beroun, Archeologie ve středních Čechách 20, 103–110.
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. – Proštránek, J. 2014: Neolitická těžba metabazitů v Jizerských horách. Opomíjená archeologie 3. Plzeň.
Šrein, V. et al. 2002: Neolitický těžební areál na katastru obce Jistebnice, 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.
Tichý, R. 2020: Experiment s vrtáním surovin neolitických a eneolitických kamenných broušených nástrojů (dutý a plný vrták), Živá archeologie. (Re)konstrukce a experiment v archeologii 22, 22–32.
Tichý, R. 2021: Pohled archeologického experimentu na výrobní řetězec kamenné broušené industrie z metabazitu typu Jizerské hory, Živá archeologie. (Re)konstrukce a experiment

v archeologii 23, 23–30 (v tomto čísle).
Tichý, R. – Přichystal, A. – Kučírek, K. – Dobnalková, I. – Drabonád, M. – Lukš, S. 2021 (Tichý et al. 2021): Jadeit a metabazit. Experiment s vrtáním surovin moravských neolitických a eneolitických kamenných broušených nástrojů, Živá archeologie. (Re)konstrukce a experiment v archeologii 23, 64–75 (v tomto čísle).
Tichý, R. – Drnovský, V. – Šída, P. 2008: Výrobní odpad z neolitických těžebních a zpracovatelských areálů: experimentální model a realita v archeologicky doložených situacích, Ve službách archeologie 2 /2008, 143–159.
Tichý, R. – Drnovský, V. 2009: Počátky v experimentálním zpracování surovin z Jizerských hor užívaných v neolitu. In: Otázky neolitu a eneolitu našich zemí 2006. Hradec Králové, 83–92.
Tichý, R. – Proušek, V. 2011: Na rozměrech záleží. K používání kamenných broušených nástrojů v neolitu, Živá archeologie. (Re)konstrukce a experiment v archeologii 12, 8–12.
Tichý, R. – Zítka P. – Drabonád M. 2021: Štípání a otloukání při výrobě neolitické kamenné broušené industrie. Pokračující experiment s metabazitem typu Jizerské hory, Živá archeologie. (Re)konstrukce a experiment v archeologii 23, 40–47 (v tomto čísle).
Vendl, S. 1975: Hromadné nálezy neolitické broušené industrie z Čech, Památky archeologické 66, 12–73.
Weimer, J. 1996: Zur Technologie bandkeramischer Dechselklingen aus Felsgestein und Knochen, Archaeologia Austriaca 80, 115–156.
Zápotocká, M. 1984: Armringe aus Marmor und anderen Rohstoffen im jüngeren Neolithikum Böhmens und Mitteleuropas. Památky archeologické 75, 50–132.

číslo pok. exp. no.	využitá surovina material	datum pokusu date of experiment	řezáno prům. cut aver.	řez: maximální cut: maximum			doba řezání time of cutting	brusivo abrasive material	spotřeba brusiva consumption of opening material	pilka saw **	celkový počet pilek total saw number
				hloubka depth	šířka width	délka length					
			mm/h	mm	mm	mm	h	g	g		
01a	amfibolit / amphibolite	7. 4.–11. 4. 2020	1,4	11	14	272	7 h	4 (K)	–	pí	–
01b		12. 4.–16. 4. 2020	1,2	7	14,5	269	5 h 25'	4 (K)	–	pa, pí	–
02a		16. 4.–18. 4. 2020	1,67	12	16	312	8 h	4 (K)	–	pa, pí	7
02b		18. 4.–21. 4. 2020	1,19	14	16	306	8 h 45'	4 (K)	–	pa, pí	–
01	metabazit / metabasite	1. 5.–16. 5. 2020	*2,2	11	15	221	4 h 30'	4 (K)	–	pí	–
02a		17. 5.–29. 11. 2020	0,8	19	18,5	195	23 h	3 (K), 4 (K)	–	pí	21
02b		5. 12. 2020– –26. 4. 2021	1,04	13	15	198	14 h	nepřesáté (K, C)	257	pí, ko	13
3a		22. 4.–25. 8. 2021	0,52	15,2	16	283	30 h	nepřesáté C	–	pí, mb	78
3b		27. 4.–24. 9. 2021	0,85	11	14	229	13 h	nepřesáté C	517	pí	18
4		2. 5.–22. 8. 2021	0,68	25,5	21	207	49 h	nepřesáté (C), popel	1959	pí	73
5		15. 7.–12. 8. 2021	0,95	14,5	18	145	37 h	nepřesáté C	1340	pí	61
celkem/total				153,2			199 h 40'		271		

■ Tab. 2 Parametry pokusů s řezáním 2020–2021; pozn.: * výsledek ovlivněn počátečním údajem 6 mm včetně počátečního naříznutí, ** pilky: pa – silicít, pí – pískovec, mb – metabazit, ko – kost.

Summary

Shaping of a Polished Tool. Experiments in cutting and polishing while producing Neolithic polished stone tools.

The technology of polishing is typical of the Neolithic and we often accept it, without thinking, as well researched because it is the final and highly visible modification to polished stone axes and adzes. When shaping tools, we cannot determine the importance of cutting or using the natural shapes of the material, as those are covered by the polishing. Therefore we have a tendency to give preference to the importance of knapping rough-outs while shaping the tool. During the described experiments (Fig. 1) we were guided in the choice of the material by its

quality, which is necessary when working with Jizerské hory amphibolite. Many pieces could not have been modified by knapping and were immediately polished, others were polished after cutting off an unnecessary part of the material. For cutting we used sandstone saws (Fig. 4A). While these are only rarely preserved on Neolithic settlements, they proved successful. Polishing of big axes (about 30 cm length) needed larger grinders (over 40 cm length) then the little small-grained grinders, which are found on settlements in large numbers. There are only a small number of larger grinders recorded, maybe the large missing grinders were discarded by using the sandstone (abrasive material, smaller polishing stones?) on the settlement or there were large polishers outside the settlements.

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

Iva Dohnálková, Archeopark pravěku
Všestary, o. p. s., Všestary 238,
503 12 Všestary

Martin Drahorád, Archeopark pravěku
Všestary, o. p. s., Všestary 238,
503 12 Všestary

Michaela Nikolajevová, Archeopark
pravěku Všestary, o. p. s., Všestary 238,
503 12 Všestary

Veronika Trubačová, Katedra archeologie
FF UHK, Rokitskéhoho 62, 500 03 Hradec
Králové

Martin Týfa, Archeopark pravěku Všestary,
o. p. s., Všestary 238, 503 12 Všestary

číslo pokusu experiment no.	broušená surovina material	datum pokusu date of experiment	doba broušení grounding time	hmotnost (začátek-konec) weight (beginning-finish)	celkový úbytek total reduction	průměrný úbytek average reduction
			h	g	g	g/h
1	metabazit (metabasite)	25. 3.–29. 4. 2020	33 h	774–655	119,0	3,3
2	amfibolit (amphibolite)	29. 4.–14. 5. 2020	13 h 15'	503–362	141,0	9,2
3	amfibolit (amphibolite)	14. 5.–11. 6. 2010	22 h 45'	2088–1659	429,0	18,6
4	amfibolit (amphibolite)	27. 5.–17. 6. 2020	13 h 45'	1557–1234	323,0	23,6
5	gabro (gabbro)	12. 6.–14. 6. 2020	6 h	1440–1319	121,0	20,2
6	metabazit (metabasite)	20. 6.–18. 11. 2020	15 h	1508–1365	143,0	9,5
7	opuka (opoka)	4. 7. 2020	3 h	833–507	326,0	108,7
8	metabazit (metabasite)	20. 6.–26. 10. 2020	5 h	2955–2353	602,0	140,4
9	čedič (basalt)	25. 9. 2020–11. 5. 2021	21 h	1759–1058	701,0	31,9
10	metabazit (metabasite)	3. 11. 2020–probíhá	10 h	1238–1037	201,0	18,3
11	metabazit (metabasite)	3. 11. 2020–30. 9. 2021	28 h	1985–1374	611,0	22,8
12	metabazit (metabasite)	7. 5.–7. 12. 2020	7 h	770–570	200,0	28,6
13	metabazit (metabasite)	22. 7.–13. 8. 2020	27 h	3505–2905	600,0	18,4
14	metabazit (metabasite)	9. 12. 2020	1 h	34–27	7,0	7,0
15	metabazit (metabasite)	9. 2.–21. 2. 2021	5 h 15'	1028–847	181,0	30,2
16	metabazit (metabasite)	23. 2.–28. 3. 2021	21 h	1427–1089	338,0	16,6
17	čedič (basalt)	26. 3. 2021	2 h	953–916	37,0	18,5
18	žula (granite)	6. 4. 2021	1 h	1358–1322	36,0	36,0
19	vápenec (limestone)	7. 4. 2021	45'	958–899	59,0	78,7
20	silic (flint)	20. 4.–29. 4. 2021	7 h	477–440	37,0	5,3
21	metabazit (metabasite)	20. 5.–30. 7. 2021	8 h	2023–1810	213,0	26,6
22	metabazit (metabasite)	1. 7.–30. 9. 2021	105 h	2310–1420	890,0	8,4
23a	metabazit (metabasite)	11. 7.–10. 8. 2021	20 h	1895–1636	259,0	13,0
23b	metabazit (metabasite)	17. 8.–20. 10. 2021	54 h	1264–822	442,0	8,0
24	travertin (travertine)	5. 8.–23. 8. 2021	1 h 50'	320–116	204,0	111,2
25	vápenec (Býčí skála) (limestone)	7. 9.–9. 9. 2021	5 h 20'	1484–679	679,0	113,2
26	čedič Ralsko (basalt)	9. 9.–24. 9. 2021	14 h 35'	1266–760	506,0	38,9
27	mramor (calcite marble)	4. 10. 2021	2 h 40'	875–418	457,0	152,3
28	čedič Ralsko (basalt)	15. 11. 2021–probíhá	5 h	1624–1388	236,0	47,2
29	kalcitický mramor (calcite marble)	5. 10.–8. 11. 2021	16 h 50'	4072–930	3142,0	175,2
celkem/total			476 h		12240,0	44,7

■ Tab. 3 Parametry pokusů s broušením 2020–2021.