

Zhodnocení technologií výroby kamenných nástrojů

Petr Škrdla Archeologický ústav AV ČR Brno, pracoviště Dolní Věstonice

Tato studie vychází z autorovy doktorské disertační práce obhajované na VUT v Brně

1. Úvod

Užití kamene coby nástroje není v technologii ničím neobvyklým. Dokonce i některé druhy opic (*Westergaard 1995*) kameny štípou, a tak vznikají artefakty podobné nejstarším nástrojům příslušníků rodu *Homo*. U šimpanzů, kteří jsou považováni za nejbližší příbuzné člověka a kteří používají primitivní nástroje (kameny na rozbíjení ořechů, listy na nabírání vody a větvičky na lov termitů), je popsán transport kamenné suroviny na větší vzdálenost i výroba složených nástrojů (*Leakey, Lewin 1984*). Od okamžiku, kdy první prapředek zjistil, že ostrá hrana kamenného úštěpu se dá použít mnohem efektivněji než kámen v surovém stavu (tato událost se datuje do období před 3 milióny let), předchůdci člověka i člověk sám prošli složitou cestou technologických inovací, cestou, na jejímž konci stojí objevy a využití kovových, plastických a dalších materiálů, které v industrii 20. století zcela nahradily kámen.

Cílem této práce je na základě nálezů pozůstatků materiální kultury a na základě jejich interpretace identifikovat a rekonstruovat technologické postupy uplatňované při výrobě prvotních industrií lidstva. Podle A. Leroi-Gourhara (*1957*) lidi zkoumáme na základě jejich práce, tzn. na základě artefaktů, které vytvořili. Důsledkem evolučních a selekčních tlaků byl vývoj techniky od nejpřimitivnějších až po současné moderní technologické postupy, respektive cesta od nejpřimitivnějšího nástroje z odštěpku vhodné suroviny, který jeho tvůrce držel volně v ruce, po počítačem řízenou produkci na CNC centrech. Tento vývoj nebyl v žádném případě lineárně graduující - tedy od nejpřimitivnějších forem k lepším a lepším, ale byl mnohem komplexnějším procesem spojeným se změnami přírodního prostředí, změnami potřeb samotného člověka, společnosti apod. Jednalo se často o metodu pokus - omyl či úspěch, který mohl vrhnout vývoj nějakým směrem (není jisté zda vpřed ve smyslu našeho pohledu), některé techniky byly známy, ale využívány pouze okrajově, aby se za tisíce let staly hybnou silou vývoje. Jak nepodobné současné civilizaci, kdy např. Inkové znali princip parního stroje, ale využívali ho pouze k otevírání dveří.

Za příklad inovací je možno vzít artefakt pro člověka nejpřirozenější, který lidstvo provází od nepaměti a je ve své podstatě hybnou silou vývoje, a tím je zbraň. Na počátku, když předchůdci člověka opustili ochranu korun stromů a následkem toho se stali snadnou kořistí šelem, pozvedli na svoji ochranu kamen a klacek - tedy materiály, které byly většinou běžné k dispozici. Kámen postupem času upravili do estetické a funkčně výhodnější podoby pěstního klínu (cca před 1 mil. let) a klacek přioštrili, a vytvořili tak dřevěný oštěp. Nejstarší nález je datován na 0.5 mil let, je ale pravděpodobné, že tato úprava byla prováděna již dříve. Později byl oštěp vybaven pazourkovým či kostěným hrotem, čímž se zvyšila jeho průraznost a průchodnost, zhoršily se následky zra-

nění, a tím se zvýšily užité vlastnosti zbraně (cca 250 000 let). Následovalo období zkoušek různých typů hrotů (možná vliv kulturních tradic) a v období nástupu moderního člověka v Evropě (asi 35 000 let) se začaly používat kostěné hroty kopí pracující na principu harpuny (tedy s oddělitelnou hlavicí). Kopí bylo dále vylepšováno vsazováním drobných kamenných segmentů zvyšujících účinnost zbraně. Tento typ se v podstatě udržel v různých modifikacích až do konce kamenné epochy. I toto výše popsané schéma neplatí všeobecně, ale s výjimkami. Jmenovitě jde o opětovné zavedení kamenných hrotů kopí v solutréenu, mladším gravettieniu (hroty s vrubem) a v paleoindiánských kulturách Ameriky (plošně opracované hroty typů Sandia, Clovis a Folsom).

Jsou zdokumentována etnografická pozorování vzniklá nezávisle na sobě v různých částech světa (např. Aljaška, Austrálie, Afrika), která vypovídají o vztahu lidí ke zbraním s kamennými funkčními částmi, a tím o jejich užitečných vlastnostech (*Ellis 1997 s lit.*): jsou “more lethal”, “ostatní zbraně zabíjejí, ale ty s kamennými hroty zabijí vždy”. Etnografie dává i možnou odpověď na otázku rozdílů v tvarech zbraní - na každé zvíře se hodí jiný typ zbraně (*Ellis 1997:45*).

Ne nezajímavou paralelou s pravěkými zbraněmi je technologický vývoj, kterým prošly obráběcí nástroje na sklonku minulého a v tomto století. Od masivních nástrojů vyrobených z jednoho kusu rychlořezné oceli se přešlo k mnohem ekonomičtějším a výkonnějšímu modelu, který představuje užití kompozitních nástrojů, tedy destiček tvrdokovu či keramiky vsazených do držáků z konstrukčních ocelí. Jak vzácná shoda v technologickém myšlení, a to mezi tvůrci prvních kompozitních hrotů kopí a 20. stoletím uplynulo téměř 30 000 let. Nevracejí se lidé k dávno vyzkoušeným a ověřeným strategiím?

Internacionální a interdisciplinární výzkum koordinovaný od počátku 90. let archeologickým ústavem AV ČR v Brně shrnul výsledky dosavadních výzkumů o počátcích některých technologických postupů a současně obohatil naše vědomosti o mnoho údajů nových (*Svoboda, Klíma, Škrdla 1995*). V následujících řádcích jsou prezentovány současné poznatky o počátcích základních technologických operací.

Tab. 1. Stručný přehled počátků vybraných technologií

technologie	stáří	naleziště
výroba štipané kamenné industrie	3 000 000	Afrika
výroba štipané kamenné industrie metodou připraveného jádra	250 000	Afrika, Evropa
výroba kompozitních nástrojů	35 000	Evropa
výroba otvorů	35 000	Euroasie
výroba broušené kamenné industrie	27 000	Morava
výroba keramiky	27 000	Morava
výroba textilu	27 000	Morava

Z předchozí tabulky je zřejmé, že v období před asi 27 000 lety dochází na našem území k zásadním technologickým inovacím, které předběhly vývoj v ostatních částech světa až o 20 000 let (*Svoboda, Klíma, Škrdla 1995*). V tomto období Morava představovala civilizační centrum kontinentu a kultura, která zde v této době přebývala -

gravettien respektive pavlovien, dala světu řadu nových progresivních technologií, které v budoucnu změnily svět. S výrazným ochlazením v průběhu závěrečného studeného výkyvu poslední doby ledové se těžiště gravettienů přesouvá dále na východ a území Moravy již nikdy ve svých dějinách podobného významu nedosáhlo. Je proto prvořadým úkolem naší vědy zhodnotit zmíněné období nejen po stránce archeologické, ale i z hlediska souvisejících vědních oborů (*Svoboda, Klíma, Škrdla 1995*). Autor, vzděláním technolog, pracuje již od r. 1992 na poli rekonstrukce technologií bohunicenu a gravettienů.

1.1. Technologie – obecně

Archeologické nálezy (na tzv. suchých nebo naopak mokřých lokalitách) a etnografická pozorování ukazují, že převažující část (95%) materiální kultury lovců a sběračů v minulosti i v současnosti je vyrobena z materiálů, které se v paleolitických kulturních vrstvách nedochovávají (dřevo, rostlinná vlákna) (*Soffer v tisku*). Skupinu trvanlivých materiálů, tj. těch, které se v tomto prostředí mohou dochovat, O.Soffer (*v tisku*) rozlišuje na neorganické (kámen, keramika, fosilní ulity) a organické (kost, zubovina, parohovina). Na základě těchto údajů je zřejmé, že technologie opracování kamene představuje pouze zlomek paleolitického technokomplexu. Toto je nutno mít stále na mysli, protože dochovaný nálezový inventář na našich lokalitách sestává často pouze z kamenných artefaktů.

Akademický slovník cizích slov definuje termín technologie následovně: “obor, zabývající se uplatňováním přírodovědných, zvláště fyzikálních a chemických poznatků při zavádění, zdokonalování a využívání výrobních postupů.” Následně inovace je definována jako: “zavedení něčeho nového, novinka ve výrobě, technologii.”

O.Soffer (*v tisku*) píše: “protože technologie je spojena s výrobou, technologické inovace znamenají intenzifikaci výroby.” Stejná autorka pokračuje, že “výrobní potřeby jsou determinovány potřebami spotřeby, a proto je možno očekávat, že technologie jsou inovovány za účelem dosažení nových, sociálně determinovaných potřeb.”

Torrence a Van Der Leeuw (*1989:10*) poukazují, že “inovace jsou akceptovány spíše v obdobích, kdy je populace pod stresem a kdy tradiční způsoby výroby věcí jsou nahrazeny reakcemi na aktuální potřeby.” V souladu s nimi Leakey a Lewin (*1984*) dospěli ke stejnému pozorování u křováků. Skupiny mají daný řád (náboženské představy a z nich vyplývající regulační opatření). Stejní autoři popisují (*1984:104*), že “křovák bude raději hledat způsob, jak se dostat ke zvěři blíž o 1 m, než aby zkoušel zdokonalit šíp, aby doletěl o ten metr dále.” Podobně shrnuje P. Lemonnier (*1992:19*) případy, kdy se lidé nechovají podle vědecké, technologické nebo ekonomické logiky, ale jejich chování je ovlivněno výrazem, vírou a ideami - tedy potřebami, které nejsou technologicky podmíněny. Toto technologicky nelogické chování (například nepřebírání pokročilejších technologií nepříteli) pro ně může mít smrtelné následky. Wiessner zase popisuje zbraně (šípky) křováků a konstatuje, že existují kmenové rozdíly, a jeden kmen označuje zbraně druhého kmene za “patetické a neschopné zabít všechno” (*Wiessner 1983:269*).

Na moravském archeologickém materiálu bylo pozorováno několik příkladů podobného netechnologického chování. Například inovace, jako výroba široké škály kompozitních nástrojů a produkce broušené industrie či keramiky, které jsou charakteristické pro gravettien, se vzápětí ztrácejí. Avšak ani v rámci gravettinu tyto techniky nebyly plně rozvinuty. Nebylo vybroušeno ostří kamenné sekyrky a nebyla vyrobena hliněná nádoba. Podobný doklad pochází z přelomu eneolitu a doby bronzové. Technologicky dokonalá kompozitní dýka (ostří je složeno z pazourkových segmentů zamletých do rukojeti z organického materiálu; Škrdla, Šebela 1997) je nahrazena celopazourkovou dýkou (neekonomické využití suroviny, v případě zlomení artefakt ztrácí funkčnost).

Technologická logika, tak, jak ji chápeme dnes, přichází teprve s vynálezem peněz, respektive možnosti zpeněžit nápady a zboží, a rozvíjí se s nástupem průmyslové revoluce. Pak začíná být důležité být lepší, rychlejší, levnější, kvalitnější, silnější. Dějiny válek jsou toho učebnicovým příkladem.

V případě lovecko-sběračské společnosti se zdá být hlavním zdrojem technologických inovací okamžik, kdy se systém (společnost-technologie-ekologie) zhroutí a přepne do režimu chaosu. Následuje období bifurkací - tedy rozmanitosti možností řešení nastálé situace. Realizovaný výsledek, tedy ten, který je v daném okamžiku nejživotascopnější, může být chápán z našeho pohledu jako revoluce (srovnej koncepci V. G. Childa 1936). V případě dílčích změn může hrát hlavní roli touha o zviditelnění jedince - tedy spíše estetické hledisko (udělat věc esteticky dokonalejší, nikoliv změnit koncepci).

M.Kranzberg (1989) sumarizoval současné chápání technologie do pěti základních zákonů, které je nutno zohlednit při jejím studiu.

1. Technologie není ani dobrá ani špatná nebo neutrální, tzn. že technologie ovlivňuje společnost tak, že technologický vývoj přesahuje jeho okamžitý účel a v odlišném kontextu může dát zcela jiné výsledky.
2. Vynález je matka nutnosti, tzn. že technologie řeší problémy, které vnímáme.
3. Technologie přichází v souborech - větších či menších, tzn. že když se jeden komponent sociálního, politického, ekonomického nebo kulturního prostředí změní, ostatní jsou ovlivněny.
4. Třebaže technologie může představovat primární element v mnoha veřejných věcech, v technologických rozhodnutích mají prioritu netechnické faktory, které představují sociální komponent technologické stability nebo změny.
5. Technologie je lidská aktivita, a proto existuje i historie technologie.

K pochopení změn v technologiích je třeba opustit globální pohled a orientovat se také na čisté lokální impulzy a potřeby (*Soffer v tisku*). Pohled na vývoj technologie ze současných pozic nemusí být vždy správný a nemusí akceptovat hlavní motivy (ať již sociální či technologické) pravěkých kultur. Současné chápání technologické logiky může být v rozporu s jejím chápáním v prostředí lovecko-sběračské společnosti.

2. Současný stav řešení problematiky

Technologie výroby štípané kamenné industrie byla studována řadou autorů za použití různých metodických přístupů. Výsledkem je několik monografií, např. Hahnova *Erkennen und bestimmungen von Stein- und Knochenartefakten (1993)*. V současné době se za účelem studia této technologie využívá tři základních konceptů: morfologického v kombinaci s experimentem, analytického (metrické techniky) a skládání. Autor založil svoji práci na užití poslední zmíněné techniky (zpětného skládání), kterou poprvé úspěšně aplikoval v České republice.

Počátek technologie výroby broušené kamenné industrie je v současnosti kladen až do mladší doby kamenné. Připouští se pouze několik výjimek, kdy byla tato technologie aplikována ve starší době kamenné, a to v souvislosti se zhotovováním uměleckých předmětů. S. de Beaume (1993), která zpracovala nepazourkové artefakty z paleolitických sídlišť, nezdokumentovala prokazatelné stopy intencionálního tvarování kamenných artefaktů broušením. Kolekce z lokality Pavlov I, studovaná autorem, která čítá 40 artefaktů a jejich zlomků, představuje nejstarší známé nástroje vyrobené technologií broušení.

Technologie zhotovování otvorů v kameni byla v poslední době studována zejména R. Whitem (1997). Ten zaměřil svoji pozornost především na tzv. košíčkovité korálky západoevropského aurignacienu (v řadě případů zhotoveny z mastku), ale i na artefakty z gravettské lokality Sungir v Rusku (zhotoveny z fosilií belemnitů). Použitou techniku R. White (1997) charakterizuje spíše jako proděrovávání než rotační vrtání, proto v souladu s ním i v souladu s výsledky studia autora těchto tezí není používáno termínu vrtání ale vzhledem k technologii neutrálního „zhotovování otvorů“. Na moravských lokalitách gravettienu bylo nalezeno asi 50 závěsků s otvorem, které byly vyrobeny z oblázků kulmské břidlice. Tyto artefakty se staly předmětem zájmu autora.

3. Cíl práce

Historie technologie byla tématem řady konferencí i obsáhlých monografií (např. *Hahn 1993; Leroi-Gourhan 1957*). Jedním z problémů těchto akcí bývá obsáhnutí celé šíře studované problematiky. Proto se tato práce zaměřila pouze na období paleolitu a s tím související technologie opracování kamene - a to až již za účelem výroby nástrojů (technologie výroby štípané a broušené kamenné industrie), tak i ozdobných předmětů (technologie zhotovování otvorů).

Za hlavní cíl práce je možno považovat snahu o zmapování historie počátků technologie a s tím souvisejícího technologického myšlení. Stejně důležité se jeví zrekonstruování technologických procesů používaných k opracování kamene v prostředí doby kamenné. Současně je třeba u těchto procesů posoudit jejich surovinovou, technologickou a časovou náročnost.

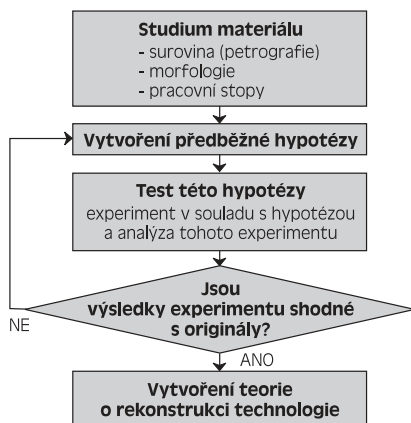
4. Metodika

Studované technologie byly používány v době kamenné, tj. v rozmezí mezi 2.5 milióny a 2 tisíci lety před současností. Dnes již jsou tyto techniky i technologické postupy téměř zapomenuty. Z pohledu systémového inženýrství proto připadá v úvahu jediná možná metoda jejich studia - tou je aplikace nepřímé úlohy, která umožňuje zkoumat nejen technologii na základě jejich produktů, ale současně i lidi na základě jejich práce, tzn. na základě artefaktů, které vytvořili (srovnej *A. Leroi Gourhan, 1957; S. A. Semjonov, 1964*).

Z výše uvedených důvodů byl v této práci aplikován následující model studia spočívající v pěti základních krocích:

1. studium materiálu;
2. vytvoření předběžné hypotézy;
3. testování této hypotézy - experimentální replikování;
4. porovnání originálních kusů s experimentálními produkty;
- 5a. je-li konstatována shoda - hypotéza je akceptována a na jejím základě je vytvořena teorie o rekonstrukci technologie;
- 5b. je-li konstatována neshoda - hypotéza je zamítnuta a musí být vytvořena jiná.

V případě studia technologie výroby broušené kamenné industrie a technologie zhotovování děr bylo postupováno v úplném souladu s výše uvedeným modelem, pouze v metodice studia technologie výroby štípané kamenné industrie došlo k odchylce. Tento materiál byl studován na základě využití techniky zpětného skládání, která umožňuje dostatečně detailní pohled na jednotlivá stadia výrobního procesu. Proto již nebylo třeba přistoupit k experimentálnímu replikování, pro které nejen že nebylo dostatek kvalitní suroviny, ale nebyl k dispozici ani experimentátor s potřebnými zkušenostmi.



Obr. 1. Schema studia ■

5. Hlavní výsledky práce

5.1. Technologie výroby štipané kamenné industrie

Význam štipané kamenné industrie je nesporný - vždyť provázela člověka po většinu doby jeho existence. V následujících pasážích jsou popsány různé metodické přístupy ke studiu i jednotlivé technologické postupy zhotovování štipané kamenné industrie. Techniky jsou řazeny chronologicky, popsány jsou jen ty nejdůležitější.

Studium kamenných artefaktů započalo jejich deskripcí a separací na základě tvarových charakteristik. Tato metoda, která byla užívána již v minulém století, přežívá do současnosti.

J. M. Geneste ve své disertační práci (1985) definoval koncepci tzv. "operačních schémat" (*chaine opératoire*, použito poprvé A.Leroi-Gourhanem při jeho přednáškách v 50. letech), která vizualizují technologické koncepty sloužící k výrobě nástrojů. Rozlišil následující fáze, ze kterých se skládá technologický proces:

- získání suroviny,
- tvarování jádra,
- produkce polotovarů,
- výroba nástrojů a jejich užití až zahození.

Tuto koncepci dále ve svých pracích rozvinul R.White. Rozšířil ji zejména o nehmotné podněty, jako např. v případě operačního schématu výroby aurignackých osobních ozdob (White 1997:95):

- kulturní předpoklady,
- problematika víry ve vztahu mezi materiály, výrazem, smyslem a nadpřirozenými účinky,
- volba a získání suroviny na základě výše uvedených kritérií,
- volba formy, struktury, barev nebo námětů,
- organizace výroby (sociální, časová a prostorová),
- kombinace pohybů a nástrojů v rámci technik pro výrobu ozdob,
- vyjádření požadovaných znaků sociální identity, věku, postavení, nadpřirozených vztahů, atd.,
- použití ozdob při významných událostech,
- úmyslné nebo náhodné zničení ozdob.

V současné době se v případě studia technologie užívají tři hlavní přístupy, většinou však jejich kombinace:

- morfologický v kombinaci s experimentem,
- analytický (metrické techniky),
- skládání.

Morfologický koncept spočívá ve studiu tvarových charakteristik originálních artefaktů a jejich experimentálním replikování.

Analytická koncepce studuje také tvarové charakteristiky produkce (atributy, diskriminační kritéria) a vytváří z nich matice dat, které jsou následně statisticky vyhodnocovány. Nevýhodou těchto metod je, že jsou založeny na analýze atributů a pozorování, jejichž fyzikální podstata není vždy známa. Dalším problémem je neadaptibilita v případě změny některého atributu vstupujícího do technologického procesu zvenčí - např. změna suroviny.

Revoluci ve studiu technologických procesů způsobila aplikace zpětného skládání (např. *Marks, Volkman 1983*). Zmíněná metoda vnáší do studia pravěkých technologií třetí rozměr - umožnila komplexní pochopení technologických koncepcí včetně dílčích záměrů pravěkého tvůrce.

Podstatou metody je snaha slepit opět dohromady nástroje, čepele, úštěpy, zlomky a rezidua jader - tedy materiál, který byl nalezen v prostoru archeologické sondy a pochází z jednoho kusu suroviny. Jedná se o proces dlouhodobý, který zabere technologovi měsíce i roky, získané výsledky jsou však pro pochopení pravěkého zpracování kamenné suroviny neocenitelné. Je možno rekonstruovat technologii výroby od fáze přípravné - tzn. odstranění kůry hlízy a příprava platformy či platformy pro budoucí těžbu, přes fázi produkční - tzn. výroba polotovarů pro nástroje, až po dále nevyužitelný odpad - tzn. reziduum jádra.

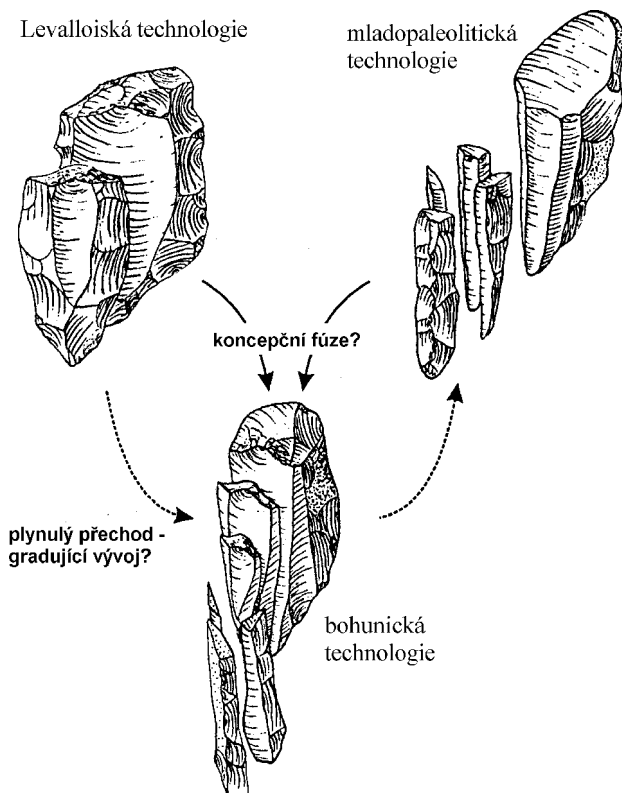
5.1.1. Úštěpové technologie

Úštěpová technologie reprezentuje nejprimitivnější způsob výroby štipané kamenné industrie. Byla využívána již prvními hominidy před více než 2,5 milióny let v Africe (*Leakey, Levin 1984*) a přetrvávala až do období nástupu technologie těžby připraveného jádra asi před 250 000 lety. Poté je její vývoj paralelní s nově zavedenou technologií i během středního paleolitu. Dočkala se však i opětovného rozmachu v paleoindiánských kulturách Ameriky, v evropském eneolitu a využívána je různými "aboriginálními" kulturami dodnes. Výrobní postup spočívá ve výběru kusu suroviny (je využitelný jakýkoliv silicit, křemen, kvarcit či další horniny lokální provenience), ze kterého je úderem tvrdého otloukače (většinou další valoun) odražen úštěp. Tento technologický postup je možno opakovat až do vyčerpání suroviny. Výsledný produkt, úštěp, je většinou krátký a je vhodný pouze pro držení v ruce. Dalším produktem je zbytek valounu suroviny, jehož hrana byla odražením úštěpů přistřena - tzv. sekáč.

J. Hahn (1993) rozlišuje tři základní podskupiny v rámci úštěpových technologií: acheuleňskou, clactonskou a technologii typu Quina.

5.1.2. Bifaciální technologie

Tyto technologie jsou na rozdíl od technologií úštěpových založeny nikoliv na produkci úštěpů, coby finálních produktů, ale na cíleném tvarování kusu suroviny odražením úštěpů ze dvou protilehlých ploch (facies). Tímto způsobem je však možno vyrobit i esteticky a funkčně dokonalé nástroje, jako je pěstní klín či listovitý hrot.



Obr. 2. Technologie výroby šípané kamenné industrie. Vztah mezi levalloiskou, bohunickou a mladopaleolitickou technologií těžby jádra ■

5.1.3. Střední paleolit - technologie připraveného jádra

Technologickou revoluci představuje bezesporu zavedení technologie připraveného jádra asi před 250 000 lety. Nejznámější a nejlépe zpracovaná je technologie levalloiská (Boěda 1995). Za zmínku stojí i technologie diskovitých jader.

Levalloiský způsob výroby polotovarů spočívá v cíleném formování kusu suroviny do technologicky výhodného tvaru – jádra, které je nutné pro odrazení cílového úštěpu předdefinovaného tvaru (výsledný tvar je determinován předcházející přípravou přední hrany jádra). Jelikož frontální část jádra ztratí odražením jednoho nebo malé série úštěpů technologicky vhodný tvar, pro pokračování v těžbě je nutná další úprava - tedy opětovné tvarování frontální části jádra. Poté následuje odrazení dalšího cílového úštěpu (respektive série úštěpů). Tato technologie umožňuje vytvořit delší a hlavně předem definované cílové úštěpy, a tím i delší a efektivnější reznou hranu, než techno-

logie úštěpová. Je zřejmé, že technologie připraveného jádra je progresivnější i v otázce využití suroviny, jelikož umožňuje sériovou produkci standardizovaných polotovárů. Vzhledem k potřebě tvarování jádra pro odrazení cílového artefaktu zůstává poměr odpad/využitelné polotovary poměrně vysoký a ekonomika produkce je nízká. Pokusy o rekonstrukci technologie z tohoto období nepřinesly dosud na našem materiálu hmatatelné výsledky (Svoboda, Škrdla, Ložek, Svobodová, Frechen 1996).

5.1.4. Přechod od středního k mladému paleolitu bohnická technologie

Dalším důležitým mezníkem technologického vývoje je období před asi 40.000 lety, tedy okamžik, který je spjat s migracemi prvních anatomicky moderních lidí (*Homo sapiens sapiens*) na evropský kontinent (Sládek, Svoboda, Škrdla 1997). V tomto období se nejen v Levantě (Izrael), ale i na evropském kontinentě (včetně našeho území) objevují tzv. tranzitní technologie vyrůstající ještě na středopaleolitickém substrátě (reprezentovaném vyspělou levalloiskou technologií), ale současně již s prvními prvky nově se hlásícího mladopaleolitického technokomplexu. Dosud byla detailně studována technologie užitá v tomto období na lokalitě Boker Tachtit v Izraeli (Marks, Völckman 1983) a na nalezišti Stránská skála u Brna (kultura bohunicenu) (Svoboda, Škrdla 1995; Škrdla 1994b; Škrdla 1996). Ve shodě s předešlou definicí tranzitních technologií se oba technologické postupy jeví jako koncepční fúze levalloiské a mladopaleolitické technologie. Tato technologie může představovat druh vývojového mezičlánku spojující technologie středního a mladého paleolitu (jednalo by se tedy o progresivní technologii, která se stala základem mladopaleolitického technokomplexu), nebo se jedná pouze o slepou vývojovou linii (**obr. 2**). Technologický postup spočívá v přípravě jádra vhodného technologického tvaru a v následné sériové produkci levalloiských hrotů i vedlejších produktů (čepelí). Oproti klasické levalloiské technologii, popsané výše, efektivita využití suroviny výrazně stoupá.

Zpracování materiálu ze Stránské skály probíhalo více než rok. Bylo zrekonstruováno asi 10 velmi kompletních jader a značný počet menších sekvencí skládajících se z několika úštěpů či čepelí. Rekonstruovaný výrobní postup se dá zkráceně charakterizovat jako koncepční fúze mezi středopaleolitickou technologií těžby jádra (reprezentovanou vyspělou levalloiskou technologií) na straně jedné a pokrokovou mladopaleolitickou technologií (tzn. těžbou připraveného jádra z jeho úzké hrany) na straně druhé. Hlíza suroviny byla sérií dekortifikačních úštěpů zbavena navětralé kůry a zároveň byly na dvou protilehlých koncích vytvořeny platformy nezbytné pro budoucí těžbu. Je nutné, aby úhel mezi platformou a čelem jádra byl menší než 90° (optimální hodnota je v rozmezí 70° - 80°). Výsledkem přípravné fáze bylo pro mladý paleolit typické jádro s přední hranou. Vlastní těžba začíná odražením čepele z hrany jádra. Produkci dalších čepelí je tvarována čelní strana jádra do trojúhelníkovitého tvaru nutného pro produkci levalloiského hrotu. Úderová plocha je pro výrobu hrotů drobnými údery pečlivě vytvářována, aby bylo možno úder přesně usměrnit do požadovaného místa. Poté je odražen levalloiský hrot, po opětovné přípravě úderové plochy většínou ještě jeden. Jelikož čelní strana jádra ztratí odražením hrotů technologicky vhodný tvar, následuje tzv. zúžení. Toho je docíleno odražením několika čepelí, často z protilehlé podstavy (není však podmínkou). Výsledkem je opět čelní strana jádra

typického trojúhelníkovitého tvaru, která je vhodná pro produkci levalloiského hrotu. Následuje příprava úderové plochy a další hrot může být odražen. Tento technologický postup se několikrát opakuje (většinou 2x až 3x) - až do vyčerpání suroviny. Reziduem může být i diskovitě, ploché nebo prizmatické jádro. Morfologie tohoto rezidua jádra nemusí odpovídat technologii, která byla užita během jeho těžby - např. jádro bylo připraveno jako mladopaleolitické s přední hranou, těženo jako bohunické a reziduem může být diskovité jádro.

5.1.5. Mladý paleolit - mladopaleolitická technologie

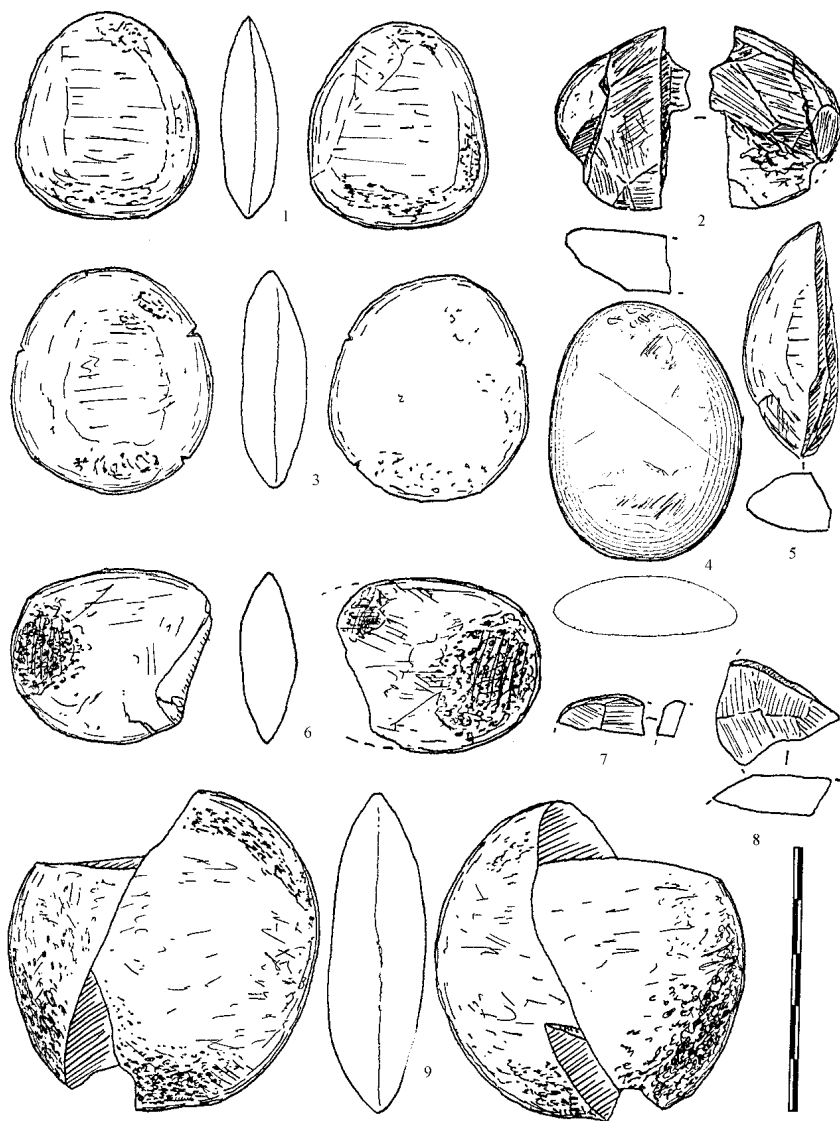
Artefakty podobné produktům mladopaleolitické čepelové technologie, tj. charakteristické čepelovité tvary u nichž délka je více než dvakrát větší než šířka, se ojediněle vyskytují již ve staropaleolitickém i středopaleolitickém kontextu (intenzivně např. Rocourt v Belgii, Seclin v severní Francii; *Hahn 1993:107*).

Mladopaleolitická technologie představuje sériovou produkci polotovarů (čepelí) z úzké hrany jádra mladopaleolitického typu a ve své podstatě završuje technologický vývoj kamenné epochy lidstva. Tato technologie, konkrétně technologie gravettienou respektive pavlovienu, byla v naší zemi analyzována na početném souboru radiolaritových artefaktů z Pavlova I (*Škrdla 1994a; Škrdla 1997*) a Dolních Věstonic II, západního svahu (*Škrdla 1994a*).

V rámci projektu zpracování lokality Pavlov I I (*Škrdla 1994a; Škrdla 1997*) byly skládány radiolaritové artefakty pavlovienu z téměř celé plochy sídliště. Výsledkem je 15 velmi kompletně rekonstruovaných jader. Technologii pavlovienu lze charakterizovat jako vyspělou mladopaleolitickou - tedy těžbu z úzké hrany unipolárního jádra. Jádro má většinou připravenou přední hranu. Byla pozorována opakovaná úprava přední hrany na frontální (produkční) části jádra během těžby - tímto způsobem bylo možno jádro reparovat v případě např. tzv. zalomení čepele a pokračovat v jeho exploataci. Toto může být důvod, proč v kolekci pavlovienu nejsou tak častá bipolárně sbíjená jádra - nebylo nutno provádět reparaci z protilehlé podstaty.

Vzhledem k nutnosti šetřit surovinou, která se do Pavlova transportovala ze vzdálenosti větší než 200 km (vyšší kvalita, štěpnost, a vyšší estetické vlastnosti materiálu než v případě lokálních moravských surovin), byla jádra těžena až do stadia mikrojader a častá je jejich reutilizace na retušery a otloukače. Tyto skutečnosti, podobně jako v případě bohunicienu, způsobují, že morfologie těchto reziduí jader nemusí odpovídat technologii užité během jejich těžby, jinými slovy, jádra byla v závěrečných stadiích těžby nebo v důsledku jejich reutilizace výrazně modifikována.

U těžby pomocí mladopaleolitické technologie ekonomika produkce výrazně stoupá. Více než 1/2 objemu původní hlízy je přetvořena na dále využitelné polotovary - čepele. A. Leroi-Gourgan se zabýval stanovením rozdílu v ekonomii produkce a jako kritérium použil délku řezné hrany na jednotku hmotnosti hlízy suroviny (*1957:86*). Z jedné libry pazourku je možno vyrobit 2 palce dlouhé ostří v případě sekáče vyrobeného úštěpovou technologií, 8 palců ostří v případě pěstního klínu, 40 palců ostří při užití levalloiské technologie a 10 - 40 stop v případě mladopaleolitické technologie.



Obr. 3. Broušené kamenné retušéry. Pavlov I: 1 (inv.č. 22162), 2 (inv.č. 409657+410857), 3 (inv.č. 1257), 4 (inv.č. 1157), 5 (inv.č. 1057), 6 (inv.č. 958), 7 (inv.č. neinv. artefakt z výzkumu 1957), 8 (inv.č. 118562), 9 (inv.č. 758+858) ■

5.2. Technologie výroby broušené kamenné industrie

Broušení je technologická operace, při níž dochází vlivem kontaktu dvou povrchů k oddělování materiálu obráběného artefaktu (většinou měkkého) za pomoci nástroje (většinou hrubšího a tvrdšího). Tento proces je iniciován záměrně za účelem změny tvaru obráběného předmětu podle předem definovaného plánu.

Tato technologie byla poprvé aplikována (za účelem výroby nástrojů - diskovitých retušerů) nositeli kultury pavlovienu, kteří žili na úpatí Pálavy na jižní Moravě před více než 25 000 lety. Jedná se o jeden ze světových primátů této kultury. Kolekce téměř 40 retušerů a jejich fragmentů byla objevena B. Klímou při výzkumu sídliště Pavlov I. Tyto artefakty (respektive povrchy těchto artefaktů) byly zkoumány pod světelným metalografickým mikroskopem značky Leitz (s využitím metodiky low-power, tj. při zvětšeních max. 200x). Povrch vybraných artefaktů byl očištěn od depozičních a postdepozičních znečištění organického (především konzervačních látek a mastných kyselin; posledně jmenované ulpívají na povrchu v důsledku styku artefaktu s lidskou rukou) a anorganického původu (zejména krusty uhličitanu vápenatého a oxidů železa a manganu). Za účelem odstranění organického znečištění byly artefakty ponořeny do lázně z organických rozpouštědel (s částečným úspěchem), pro odstranění anorganického znečištění byly aplikovány metody ultrazvuku (neúspěšně) a tepelných šoků (s částečným úspěchem). Poté byl povrch pro zvýšení odrazivosti pokoven vrstvičkou stříbra. K dokumentaci pozorování byla použita CCD videokamera OS 25II (pracující s rozlišením 542x182 bodů) propojená s mikroskopem, obrázky byly ukládány do formátu *.TIF o velikosti souboru 385 kB.

Na povrchu originálních artefaktů byly rozpoznány malé fasetky pokryté systémy paralelních rýh (na každé fasetce mají rýhy odlišný směr); dá se říci, že celý povrch je tvořen fasetkami. Na základě tohoto pozorování a rozboru náleзовé situace byla vytvořena předběžná hypotéza týkající se rekonstrukce technologie broušení:

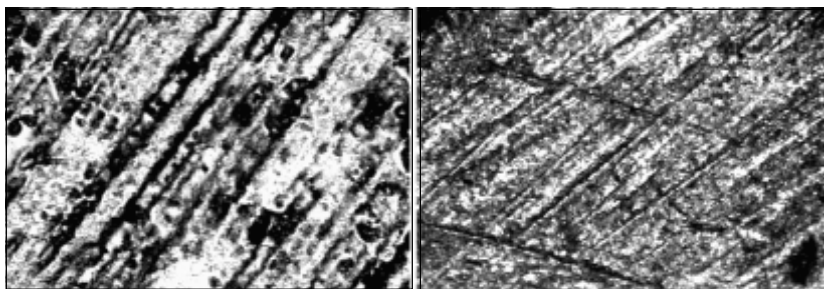
broušení bylo prováděno na destičkách vápničitých pískovců, artefakt byl držen volně v ruce, bylo asi nutné použití vody pro odplavování třísek obrobku i vylomených zrn brusného nástroje.

Tato předběžná hypotéza byla experimentálně testována za použití kombinací čtyř brusných destiček a deseti vápencových oblázků. Surovinu experimentálních nástrojů a obrobků byly posbírány na stejných geologických výchozech, ze kterých pocházely originální artefakty (na základě petrografického studia).

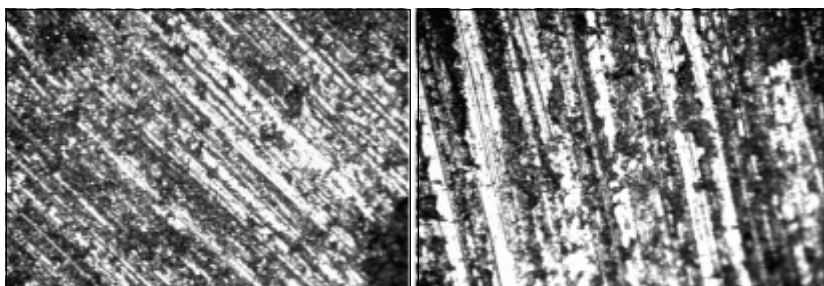
Originální a experimentálně replikované artefakty byly porovnány na základě geometrických charakteristik povrchu, jako srovnávací kritéria byla použita následující:

- počet rýh na délce 1 mm,
- šířka rýh.

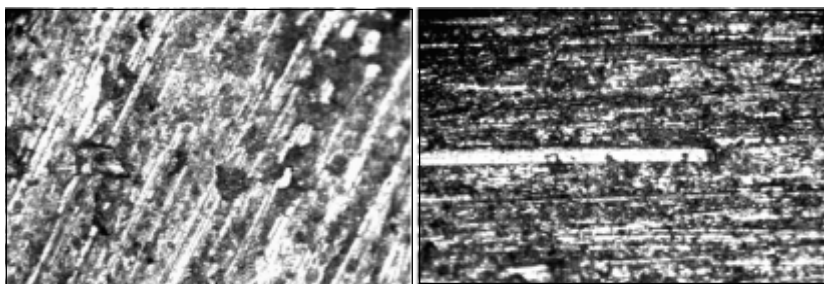
Další původně zvažovaná kritéria (rovnoběžnost rýh a přímost rýh) se ukázala být nevhodná.



Obr. 4. Broušený povrch originálního artefaktu inv.č. 409657 (vlevo) a zlomek neinventovaného artefaktu z roku 1957 (vpravo). Zvětšeno 50x ■



Obr. 5. Povrch experimentálního artefaktu L3 broušeného na destičce S4 (vlevo) a povrch experimentálního artefaktu L3 broušeného na destičce S1 (vpravo). Zvětšeno 50x ■



Obr. 6. Povrch experimentálního artefaktu L4 broušeného na destičce S1 (vlevo) a povrch experimentálního artefaktu L6 broušeného na destičce S1 (vpravo). Zvětšeno 50x ■

Paralelně s hlavním experimentem byl zkoumán vliv depozičních a postdepozičních poškození povrchu (následkem abrazního otěru, chemické koroze, čištění, uložení a studia).

Závěry provedených experimentů lze shrnout do následujících bodů.

- Předběžná hypotéza byla verifikována;
- Destičky vápnitých pískovců lokální proveniencie představují ideální brusný nástroj, úběr nástroje v důsledku broušení je minimální;
- Při broušení je nutno použít vodu, tzn. že vlastní technologická operace se musela odehrávat v blízkosti vodního zdroje;
- Skupina broušených vápenců je nehomogenní (chemické složení, struktura, mechanické vlastnosti);
- Leptání a leštění stírá stopy broušení;
- Byl dokumentován mírný rozdíl mezi charakterem originálních a experimentálně broušených povrchů.

Posledně jmenované drobné odlišnosti v charakteru povrchu lze zdůvodnit vlivem naleptání a leštění. Z těchto důvodů je možno popsanou hypotézu o rekonstrukci gratské technologie broušení pokládat za experimentálně pozitivně testovanou.

Teorie o rekonstrukci pavlovienské technologie broušení může být v souladu s předběžnou hypotézou formulována následovně:

vápencový oblázek je držen volně v ruce, broušení probíhá na destičce vápnitého pískovce, místo kontaktu broušeného povrchu s nástrojem je čištěno od vylomených zrn a pojiva brusného nástroje i od třísek obráběného artefaktu pomocí brusné kapaliny - vody, vlastní broušení probíhá za vlhka (na povrchu nástroje i obrobku je vodní film).

Závěrem je tedy možno konstatovat, že je neoddiskutovatelným faktem, že diskovité vápencové retušéry byly broušeny v souladu s experimentálně testovaným výrobním postupem. Výroba probíhala s velkou pravděpodobností přímo v areálu pavlovského sídliště.

Paralelně byla řešena otázka stanovení teoretické doby potřebné pro výrobu broušeného kamenného retušéru. Za tímto účelem byl broušen vápencový valoun L4 na pískovcové destičce S4 za použití brusné kapaliny (vody) po dobu 20 minut. Na základě rozdílu hmotnosti před broušením a po broušení byl vypočítán objem odebraných třísek za jednotku času. Z rozdílu hmotnosti artefaktu na vzduchu a v destilované vodě byla stanovena hustota materiálu obrobku. Za účelem stanovení odebrané hmoty surového valounku při jeho transformaci na diskovitý tvar (odbroušení korodovaného povrchu a vlastní tvarování) byla použita následující metoda. Originální diskovité retušéry byly pokryty vrstvou modelovací hmoty. Přídavek na hraně činil 1-2 mm a na ploše 2 mm. Následně byl artefakt domodelován tak, aby tvarové charakteristiky byly ve shodě s valounku nasbíranými na zdroji suroviny. Poté byla modelovací hmota sejmuta a vytvarována do tvaru hranolu. Takto mohl být snadno určen objem, který bylo nutno odebrat při transformaci surového valounku na diskovitý retušér. Doba výroby byla na základě výše popsaného experimentu stanovena na 2,5 - 6 hodin, a to v přímé závislosti na rozměrech artefaktu. Minimální hodnota platí pro výrobu disku o průměru 35 mm a tloušťce 10 mm, maximální hodnota pro průměr 60 mm a tloušťku asi 20 mm. Z těchto hodnot je patrné, že broušení kamenných nástrojů v prostředí starší doby kamenné nebyl dlouhodobý proces, naopak jejich výroba byla otázkou necelého dne práce.

Tab.2. Stanovení měrného úběru při broušení

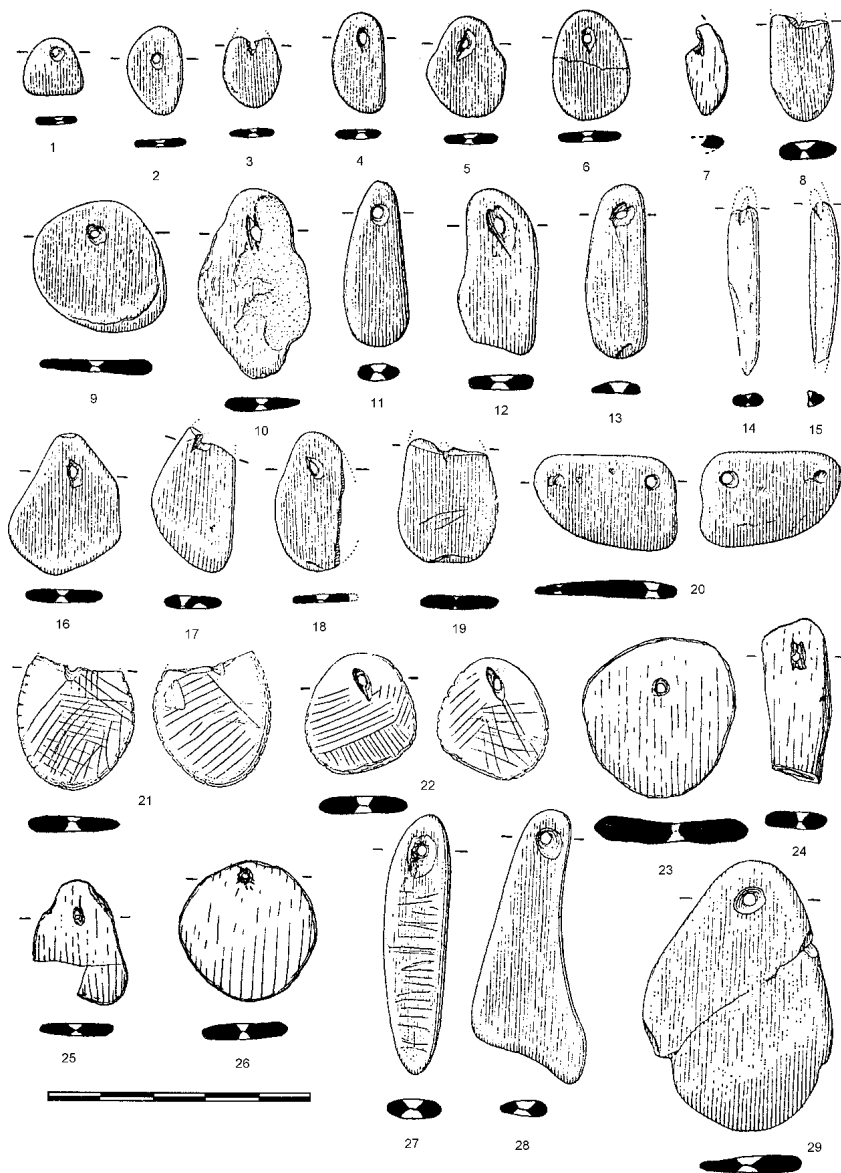
Podmínky broušení: L4 na S4, pod vodou	veličina	hodnota	jedn.
Doba broušení	t	1200	s
Hmotnost artefaktu na vzduchu před broušením	m_o	0.12317	kg
Hmotnost artefaktu na vzduchu po broušení	m_{po}	0.11813	kg
Úbytek hmotnosti artefaktu $\Delta m = m_o - m_{po}$	Δm	0.00504	kg
Hmotnost artefaktu v destilované vodě po broušení	m_{H2O}	0.07485	kg
m_{po} zvětšená o hmotnost závěsu (0.30 g)	m_{pod}	0.11843	kg
Výpočet hustoty: $\rho = m_{pod} / (m_{po} - m_{H2O}) * 1000$	ρ	2,717.5	kg.m ³
Objem odebraného materiálu za dobu 1200 s: $V = \Delta m / \rho$	V	1.8546 10 ⁻⁶	m ³
Měrný úběr	$V_{mér}$	1.5455 10 ⁻⁹	m ³ .s ⁻¹

Tab.3. Stanovení teoretické minimální doby nutné k výrobě artefaktu - t_{min}

Artefakt inv. č.	objem plastelíny, minimální úběr - V_p [m ³]	teoretická minimální doba nutná k výrobě artefaktu - t_{min}	
		[s]	[hod]
958	1.5708 10 ⁻⁵	10.163701 10 ³	2.82
22162	1.428 10 ⁻⁵	9.239728 10 ³	2.57
1257	1.4042 10 ⁻⁵	9.085733 10 ³	2.52
758+858	3.2016 10 ⁻⁵	20.715626 10 ³	5.75



Obr. 7. Experimentální broušení na bloku pískovce S1. V popředí brusné destičky (zleva S4, S3, S2), sklenice s vodou a broušené artefakty. Vlastní broušení probíhá v nádobě s vodou. Povrch brusného nástroje je periodicky omýván. ■



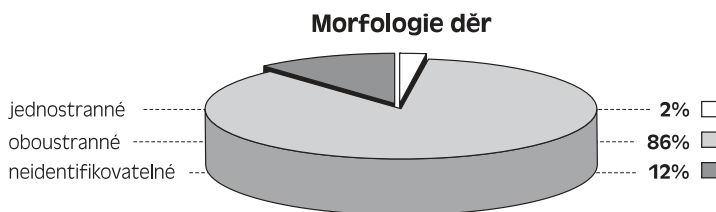
Obr. 8. Oblázky kulmských hornin se zhotoveným otvorem. 1-6,8-21,27-29: Pavlov II, 7,22,24-26: Pavlov I, 23: Dolní Věstonice I; podle B.Klímy a autora, uloženo v depozitáři AÚ AV ČR Brno ■

5.3. Technologie zhotovování otvorů v kameni

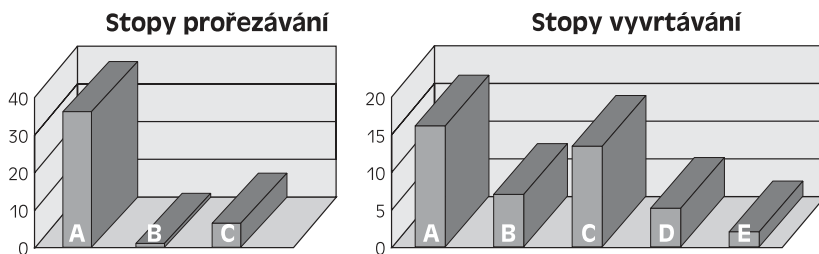
Přestože tato technologie byla prokazatelně použita již na počátku mladého paleolitu (*Marshack 1990*), konkrétně v prostředí chatelperonienu a aurignacienu, autor studoval pouze kolekci 44 závěšků vyrobených z kulmských břidlic, které byly nalezeny na moravských lokalitách pavlovienu (Pavlov I a II, Dolní Věstonice I, Předmostí).

Charakter otvorů v originálních artefaktech byl studován s využitím světelného metalografického mikroskopu značky Leitz. K dokumentaci pozorování byla použita CCD videokamera OS-25II (pracující s rozlišením 542x582 bodů) propojená s mikroskopem, obrázky byly ukládány do formátu *.TIF o velikosti souboru 385 kB. Za účelem zvýšení plasticity pozorovaných objektů bylo použito přídavného šikmého osvětlení. Světelný paprsek svíral s pozorovaným povrchem ostrý úhel v rozmezí od 5° do 30°.

Na základě pozorování originálních artefaktů pod mikroskopem je možno konstatovat, že všechny studované otvory jsou bikónické (tj. ve tvaru přesýpacích hodin). Oba dva kužely neleží v jedné ose. Pro rekonstrukci technologické operace je důležité pozorování učiněné v bezprostředním okolí provrtů. Ve většině případů jsou patrné rýhy vybíhající jakoby ven z otvoru. Je nápadná jejich koncentrace do jednoho směru, většina jich leží na jedné ose, která prochází středem otvoru. Tento fakt je důležitý pro rekonstrukci. Indikuje totiž aktivitu, která předcházela vlastnímu provrtu. Na artefaktu inv. č. 33367 je vedle dokončeného otvoru i otvor nedokončený - jedná se o dva krátké paralelní zářezy, které reprezentují iniciační fázi budoucího otvoru.



Obr. 9. Tvary otvorů: bikónické prořezávané ze dvou stran, prořezávané pouze z jedné strany a neidentifikovatelné ■

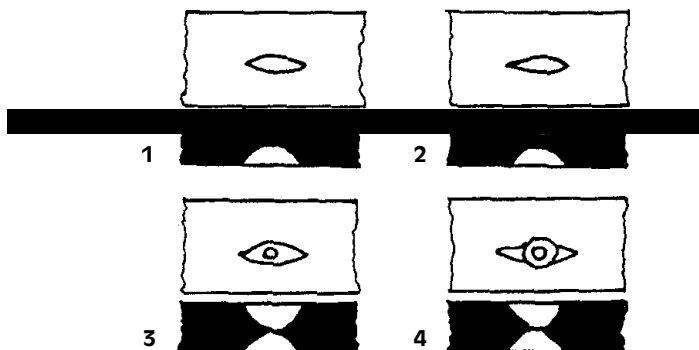


Obr. 10. Prezence stop po první technologické operaci - prořezávání (vlevo) a druhé technologické operaci (vpravo). **A** - stopy jsou patrné, **B** - stopy nejsou spolehlivě prokazatelné, **C** - stopy nejsou patrné, **D** - stopy spíše nejsou patrné, **E** - nedochováno ■

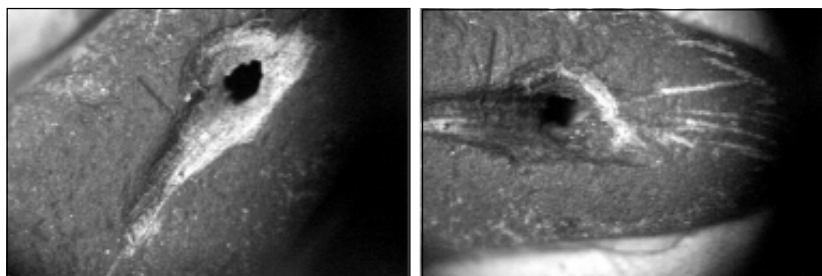
Na základě výše popsaných pozorování (především z otvoru centrifugálně vybiha-
jících rýh) byla vyslovena předběžná hypotéza:

technologický postup sestává ze dvou následných operací - prořeznutí a dokonče-
ní otvoru rotačním pohybem nástroje.

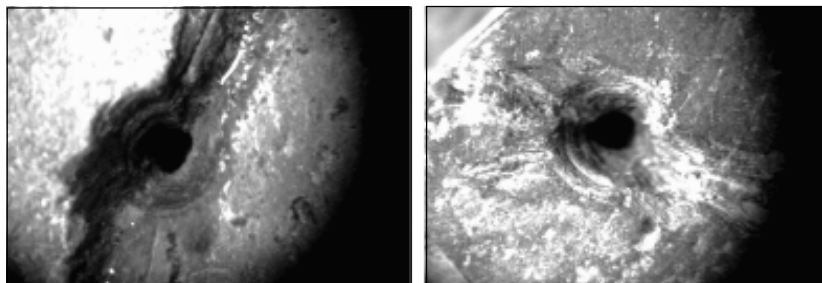
Tato předběžná hypotéza byla následně experimentálně testována.



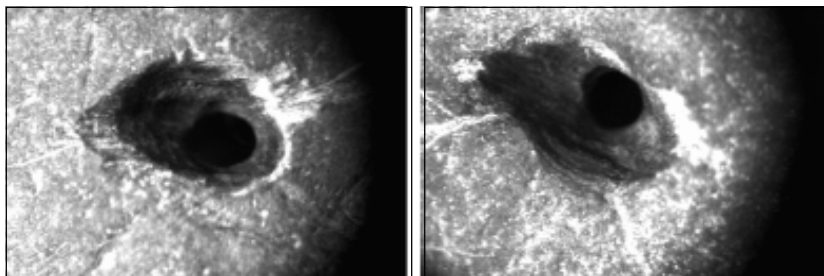
Obr. 11. Teoretické schéma zhotovení otvoru. **1:** prořezávání z jedné strany, **2:** prořezávání z druhé strany, **3:** prořezávání končí v okamžiku, kdy se zářezy propojí a vznikne otvor, **4:** dokončení otvoru vyvrtáváním ■



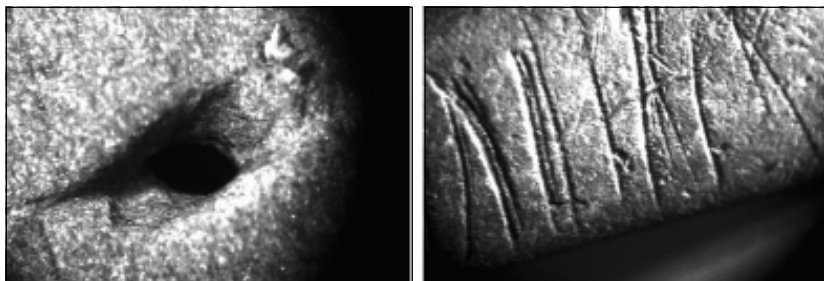
Obr. 12. Experimentální otvor K1 ■



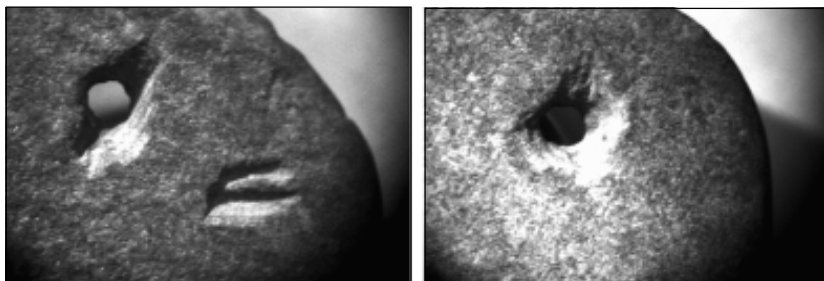
Obr. 13. Experimentální otvor K2 ■



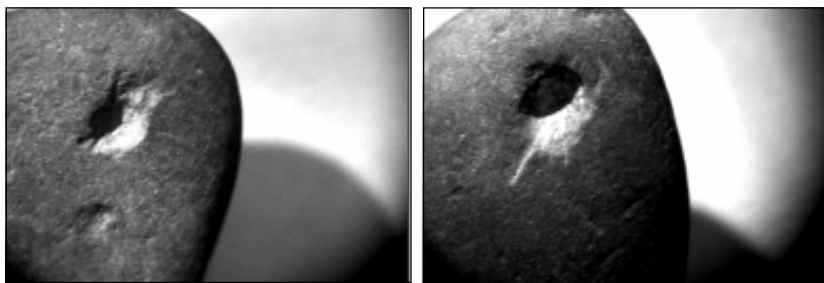
Obr. 14. Experimentální otvor K3 ■



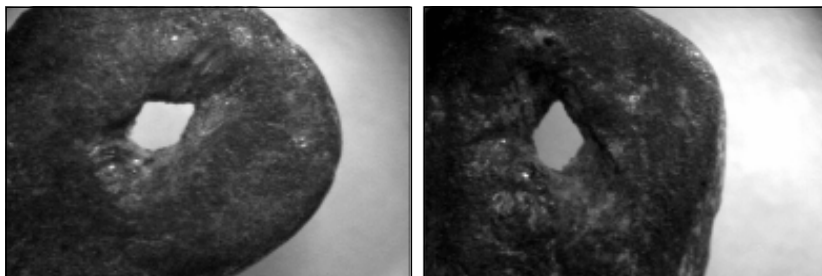
Obr. 15. Otvor v originálním artefaktu inv.č. 49371 a detail ryté výzdoby na atrefaktu inv.č. 567 ■



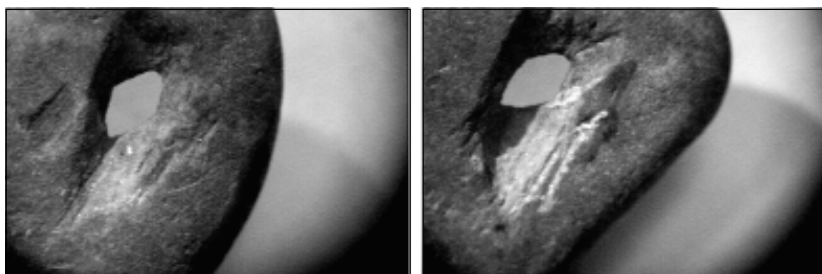
Obr. 16. Otvor v originálním artefaktu inv.č. 33367 ■



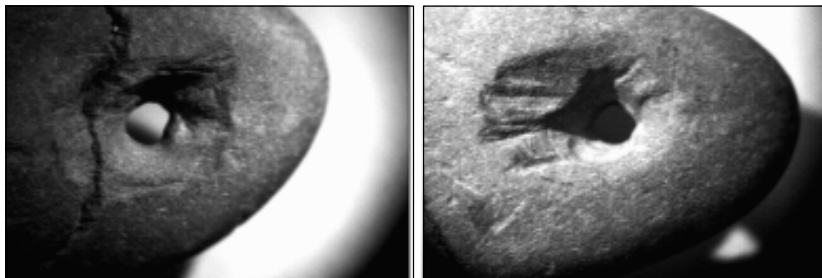
Obr. 17. Otvor v originálním artefaktu inv.č. 26267 ■



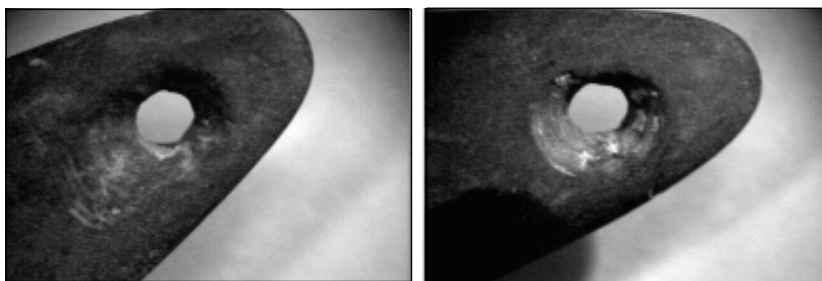
Obr. 18. Otvor v originálním artefaktu inv.č. 521854 ■



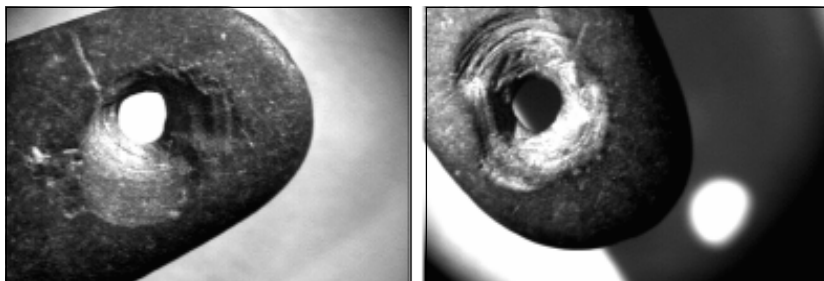
Obr. 19. Otvor v originálním artefaktu inv.č. 50467 ■



Obr. 20. Otvor v originálním artefaktu inv.č. 567 ■



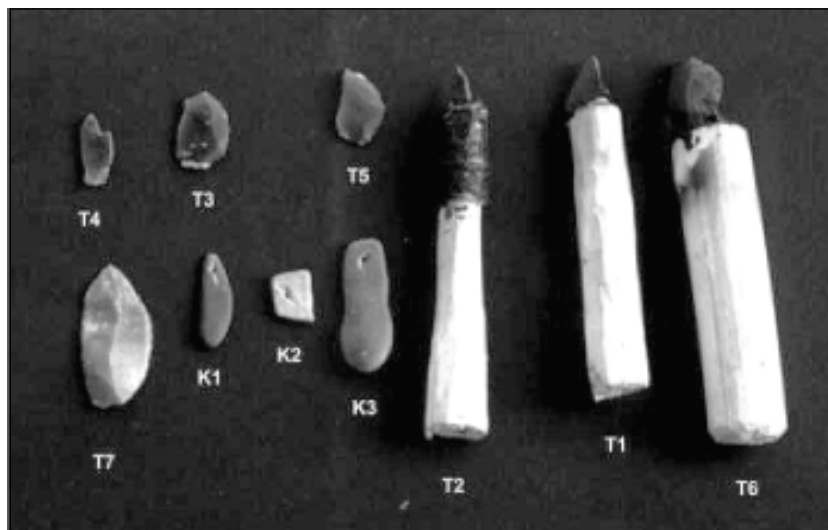
Obr. 21. Otvor v originálním artefaktu inv.č. 44267 ■



Obr. 22. Otvor v originálním artefaktu inv.č. 33467 ■



Obr. 23. Rekonstrukce technologie zhotovování otvorů: prořezávání (vlevo) a vyvrtávání (vpravo) ■



Obr. 24. Experimentální nástroje ■

Surovina oblázků použitých pro experiment byla zvolena s ohledem na petrografickou analýzu I. Mrázka (1996). Byly vybrány 3 oblázky kulmských břidlic (označeny K1-3), které byly nalezeny přímo v prostoru primárních výchozů v Moravském krasu.

Jako pracovní nástroje byla vybrána série experimentálně zhotovených replik původních artefaktů, které byly vyrobeny z radiolaritů Bílokarpatské proveniencie (T1,2,6), rohovce typu Krumlovský les (T7) a pazourků z Povolží (T3,4,5).

Provedený experiment prokázal, že zhotovení děr je možno provést všemi kombinacemi nástrojů. Nejlepších výsledků i maximálního pracovního komfortu bylo dosaženo v případě oblázku K3, ve kterém byl otvor prořezáván pomocí klínového asymetrického rydla (T1) a dokončen pomocí bilaterálně otupené hrotité mikročepele (T2). Oba nástroje byly zasazeny v rukojetích.

Originální a experimentálně zhotovené otvory byly porovnány z hlediska stop zanechaných pracovními nástroji. Protože nebyly zjištěny žádné zásadnější rozdíly jak v charakteru a distribuci zanechaných pracovních stop po nástroji, tak ani v morfologii otvorů, předběžná hypotéza byla akceptována. Je proto možno vyslovit následující teorii o originální technologii zhotovování otvorů v gravettieniu, která je plně v souladu s předběžnou hypotézou: technologický postup zhotovování otvorů v kameni spočívá ve dvou na sebe navazujících technologických operacích: 1 - prořezávání, 2 - vyvrtávání.

Prořezávání je prováděno přímočarými vratnými pohyby silicitového nástroje z obou stran oblázku. Výsledkem jsou krátké zářezy tvaru U nebo V (odvislé od geometrie nástroje) ze dvou protilehlých ploch. V okamžiku, kdy dojde k propojení těchto zářezů, následuje v nadpoloviční většině případů druhá operace - vyvrtávání (rotačním pohybem silicitového nástroje), které má odstranit ostré hrany a vytvořit hladký průvrt. Výsledkem je hladký otvor bikónického tvaru, na jehož obvodu zůstávají patrné stopy předcházející technologické operace - prořezávání.

Přesto, že u originálních artefaktů se v depresích v okolí otvoru zachovaly stopy červeného barviva, intencionální leštění, které popisuje R. White (1997), nebylo na našem materiálu prokázáno. Jedná se nejspíše o stopy nějakého rituálu spojeného s užitím těchto přívěsků (například mohly být původně nabarveny načerveno).

Tab.4. Doba potřebná pro zhotovení otvoru

	oblázek K1	oblázek K2	oblázek K3
kombinace nástrojů (operace1 + operace 2)	T5 + T5	T3 + T4	T1 + T2
průřez oblázku [mm]	2.8	3.1	3.8
dobu potřebná pro proříznutí oblázku [min]	11	13	14
dobu potřebná pro vyvrtání [min]	1	3	3
celková doba potřebná pro provrt [min]	12	16	17

Na základě experimentu je možno stanovit teoretickou dobu potřebnou pro zhotovení otvoru v oblázku kulmské břidlice, která má tvrdost podle Mohse v rozmezí stupňů 3 - 4. Tato doba se pohybovala v rozmezí mezi 10 až 20 minutami, v závislosti na tloušťce oblázku, do kterého byl otvor zhotovován (3 - 5 mm).

6. Závěr

Archeologický výzkum v reakci na postmoderní situaci přestává být izolovanou vědní disciplínou úzkého kruhu zasloučenců, ale stále více se stává otevřeným oborem, tedy jinými slovy, oborem otevřeným specialistům z oblastí především věd přírodních, včetně např. matematiky a fyziky, z oblasti věd sociálních, ekonomických, ale i technických. Archeologii současnosti lze charakterizovat jako obor multidisciplinární, jako všem přístupný (ze všech různých směrů, úhlů pohledu) vnímavou a pluralitní nauku, která se snaží hledat odpovědi na otázky spojené s minulostí člověka. Tato práce, věnovaná počátkům technologií opracování kamene, se snaží ovlivnit a obohatit archeologii zvenců, z prostředí autorovi vlastního - z pohledu současné technologie.

Za účelem výroby kamenné industrie byly v prostředí starší doby kamenné (paleolitu) aplikovány tři hlavní technologie opracování, tj. štípání, broušení a zhotovování otvorů. V souladu s tímto rozdělením byla i tato práce členěna na tři základní oddíly.

První oddíl se zabývá štípanou kamennou industrií. Bylo popsáno několik nejvýznamnějších technik sloužících k její výrobě. Tyto postupy byly seřazeny na základě chronologického hlediska. S ohledem na stav výzkumu v České republice bylo možno konstatovat některá základní fakta. Techniky z počátku mladého paleolitu (bohunic-ká) a z vrcholné fáze mladého paleolitu (pavlovská) byly dokonale popsány a výrobní postup byl v několika případech velmi podrobně rekonstruován na základě zpětného skládání. Ostatní techniky byly popsány pouze na základě publikovaných údajů. Experimentální replikování by vyžadovalo trénink a možnost experimentování s kvalitními surovinami (ty se na území našeho státu nevyskytují). Z těchto důvodů nebyl autor schopen zmíněné techniky experimentálně ověřit.

Druhý oddíl byl věnován výrobě broušené kamenné industrie. Tato technologie byla úspěšně rekonstruována a následně experimentálně testována. Byly petrograficky určeny suroviny nástrojů i obrobků včetně identifikace jejich přirozených výchozů. Byl rekonstruován výrobní postup včetně takových detailů, jako je nutnost použití vody pro odvádění třísek. Byla stanovena i doba potřebná k výrobě broušených artefaktů. Na základě tohoto údaje bylo možno zásadně modifikovat názory na délku výroby podobných nástrojů - v žádném případě se nejednalo o dlouhodobý proces, ale byla to otázka pouze maximálně jednoho dne. Použitý výrobní postup byl detailně popsán a je možno ho kdykoliv v budoucnu replikovat. Mohl by se stát základem pro další archeologické experimenty na poli mladší doby kamenné - neolitu, kde význam broušené industrie výrazně vzrostl.

Třetí oddíl byl věnován technologické operaci zhotovování otvorů. Tato technologie byla na kámen aplikována pouze za účelem zhotovení předmětů dekorativního charakteru. Podobně jako v případě výroby broušené kamenné industrie i technologie zhotovování otvorů byla úspěšně rekonstruována a experimentálně testována. Stejně jako v předchozím případě byly identifikovány suroviny nástroje i obrobku. U nástrojů byl navíc testován nejvhodnější tvar vycházející ze znalosti morfologie originálních artefaktů. Doba výroby otvoru byla stanovena na 10-20 minut při tloušťce obráběného kusu v rozmezí 3-5 mm. Použitý výrobní postup byl podrobně popsán tak, aby umožnil jeho použití případnými experimentátory. Další studium bylo omezeno dostupností materiálu (artefaktů s otvory) - bylo by třeba cestovat po světových muzeích a studovat tamní kolekce. Vzhledem k faktu, že existovaly odlišnosti v technice zhotovování otvorů v jednotlivých kulturních prostředích, mohlo by mít toto studium zásadní kulturně-chronologický význam.

Je otázka, k jakému účelu lze dnes využít znalosti techniky opracování kamene a práce s kamennými nástroji. Je možné, že výsledky této práce budou směřovat další badatele (archeology, technology) na pole experimentální archeologie. Z předcházejících statí vyplývá řada otázek, které by stály za detailní studium. Dojde-li k němu, bude v tom autor vidět podstatný přínos této práce pro naši vědu.

Literatura

- de Beaume, S.A. 1993:* Nonflint Stone Tools of the Early Upper Paleolithic. In: H.Knecht et al., eds., Before Lascaux: The Complex Record of the Early Upper Paleolithic. NY, Boca Raton: CRC Press, p. 163-191.
- Boëda, E. 1995:* Levallois: A Volumetric Construction, Methods, a Technique. In: O.Bar-Yosef a H.Dibble, eds., The definition and interpretation of Levallois technology. Madison, Wisconsin: Prehistory Press. Monographs in World Archaeology, vol. 23, p. 41-68.
- Ellis Ch. J. 1997:* Factors Influencing the Use of Stone Projectile Tips. An Ethnographic Perspective. In: H.Knecht, ed., Projectile Technology, NY: Plenum Press.
- Geneste, J.M. 1985:* Analyse Lithique d'Industries Moustériennes du Périgord: Une Approche Technologique du Comportement des groupes Humains au Paléolithique Moyen. PhD Thesis. Université de Bordeaux I.
- Hahn, J. 1993:* Erkennen und Bestimmen von Stein- und Knochenartefakten. Einführung in die Artefaktmorphologie. 2. doplněné vydání. Arch. Venatoria, Band 10.
- Childe, V.G. 1936:* Man makes himself. London: Watts & Co.
- Kranzberg, M. 1989:* One Last World - Technology and History. In: S.H. Cutcliffe and R.C.Post, eds., In Context. History and the History of Technology. Bethlehem PA and London: Leigh University Press, and Association of University Presses.
- Leakey, R., Lewin, R. 1984:* Lidé od jezera. Praha: Mladá fronta.
- Lemonier, P. 1992:* Elements for an Anthropology of Technology. Ann Arbor, Michigan: University of Michigan. Anthropological Papers, vol. 88.
- Leroi-Gourhan 1957:* A. Prehistoric Man. New York: Philosophical Library.
- Malina, J., Malinová, R. 1992:* Vzpomínky na minulost. 2. vydání. Brno: Vydavatelství Masarykovy univerzity v Brně.
- Marks, A.E. - Volkman, P.W. 1983:* Changing core reduction strategies: a technological shift from the Middle to the Upper Paleolithic in the Southern Levant. In: Trinkaus E. (ed.), The Mousterian legacy: Human biocultural change in the Upper Pleistocene. BAR, International Series, vol. 164, p. 13-34.
- Marshack, A. 1990:* Early Hominid Symbol and Evolution of the Human Capacity. In: P. Mellars, ed., The Emergence of Modern Humans. An Archaeological Perspective. Ithica, New York: Cornell University Press, p. 457-498.
- Mrázek, I. 1996:* Drahé kameny v pravěku Moravy a Slezska. Brno: MZM Brno.
- Semenov S. 1964:* Prehistoric Technology; an experimental study of the oldest tools and artefacts from traces of manufacture and use (translated by M.W.Thompson). 1st ed. New York: Barnes&Noble.
- Sládek, V., Svoboda, J., Škrdla, P. 1997:* Hledání počátků moderního člověka. Vesmír, č. 10/1997, p. 559-567.
- Soffer, O. v tisku.* Gravettian technologies. In: M.Mussi, V.Roebroeks, J.Svoboda, eds., Hunters in Golden Age. Svoboda, J., Klíma, B., Škrdla, P. 1995: The Gravettian project: activities during the 1991-1994 period. Archeologické rozhledy, vol. 47, p. 279-300.
- Svoboda, J., Ložek, V., Svobodová, H. and Škrdla, P. 1994:* Předmostí after 110 years. Journal of Field archaeology, vol. 21, p. 457-472.
- Svoboda, J. a Škrdla, P. 1995:* The Bohunician technology. In: O.Bar-Yosef a H.Dibble, eds., The definition and interpretation of Levallois technology. Monographs in World Archaeology. Madison, Wisconsin, Prehistory Press, vol. 23, p.432-438.
- Svoboda, J., Škrdla, P., Ložek, V., Svobodová, H., Frechen, M. 1996:* Předmostí II, excavations 1989-1992. In: J. Svoboda, ed., Paleolithic in the Middle Danube region. Spisy AÚ AV ČR Brno, vol. 5, p. 147-172.
- Škrdla P. 1994a:* Refitting. In: J.Svoboda, ed. Pavlov I, 1952-1953 excavations. ERAUL, Liège, vol. 66, p. 22-23.
- Škrdla, P. 1994b:* Rekonstrukce paleolitických technologií na Stránské skále. Pravěk NR, vol. 4, p. 5-15.
- Škrdla, P. 1996:* The Bohunician Reduction Strategies. Quarternaria Nova, vol. 6, p. 93-107.
- Škrdla, P. 1997:* The Pavlovian Lithic technologies. In J. Svoboda, ed. Pavlov I - Northwest. DVS, AÚ AV ČR Brno, vol. 4., p. 313-372.
- Škrdla, P., Šebela, L. 1997:* Pozdně eneolitické složené dýky na Moravě. Přehled výzkumů AÚ AV ČR Brno 1993-1994, p. 77-86.
- Westergaard, G.Ch. 1995:* The stone tool technology of capuchin monkeys: possible implications for the evolution of symbolic communication in hominids. World Archaeology, vol. 27, p.1-9.

- White, R. 1997:* Substantial Acts: From Materials to Meaning in Upper Paleolithic Representation.
In: M.Conkey, O.Soffer, D.Stratmann&N.G.Jablonski, eds.: Beyond Art: Pleistocene Image and Symbol.
Memoirs of the California Academy of Sciences, vol. 23, p. 93-121.
- Wiessner, P. 1983:* Style and Social Information in Kalahari San Projectile Points.
American Antiquity. 1983, vol. 48, p. 253-276.
- Torrence, R., Van Der Leeuw, S. 1989:* Introduction: About Innovation.
In: R. Torrence and S. Van Der Leeuw, eds. What's New. London: Unwin Hyman, p. 1-25.

Summary

Evaluation of stone tools technologies

Introduction and present stage of research

The history of mankind began with tools (stone, bone, and wood) discovery and development. At the same moment, i.e. about 2.5 mya ago, the history of technology began. Because tools made of organic materials have not survived, this thesis is aimed at lithic technologies. Within the Stone Age environment, there are two basic ways to transform raw stone into a tool: knapping and grinding. Another technology, perforation, was used in order to create decorative pendants (i.e. not tools).

This thesis is aimed at the history of technology, i.e. in the reconstruction of the technological processes utilized in the Stone Age. Although knapping technologies are described here almost completely (i.e. both chronologically as well as in worldwide context), the technologies of grinding and perforating are studied only in the framework of the Moravian Pavlovian culture.

Although the technology of stone knapping has been described in several monographs (e.g. Hahn 1993), Moravian materials allow the study of Bohunician and Gravettian techniques in detail. The technology of grinding (its beginnings respectively) in the Gravettian (Pavlovian) is unique to Moravia (amount of materials recovered). R. White (1997) has already studied the technology of perforation within the Aurignacian in detail, however, the Moravian Gravettian (Pavlovian) material, which is the basis of this thesis, is remarkable in the amount of materials recovered.

Methodology

From a systems-engineering point of view, a non-linear method of study was utilized. It allows a study of the technology on the base of its products (cf. Semjonov 1964; Leroi Gourhan 1957). A classic model of study, which can be described in following 5 steps, was utilized:

1. a study of materials,
2. preliminary hypothesis creation,
3. test of that hypothesis - an experimental replication,
4. a comparison of the original pieces with the experimental products,
- 5a. if similar - accept hypothesis and create a theory about technology reconstruction,
- 5b. if not - reject hypothesis and create the new one.

Results

The technology of knapping

J.M. Geneste in his doctoral thesis (1985) has defined the conception of reduction sequences (chaîne opératoire, a term used for the first time by A.Leroi Gourhan during his lectures in 1950's) which visualized technological concepts utilized in order to produce stone tools. He identified several basic steps from which the technological process is composed:

- raw material procurement,
- core shaping,
- blank production,
- tool production, through resharpening, until discard of the artifact

In 1990's, R. White expanded this concept to include non-material stimuli (1997:95).

At the present time, several methods are applied progressively in technological studies:

- morphological concepts combined with experimental replication,
- analytical methods (attribute analysis),
- refitting (in the Czech Republic for the first time successfully utilized by the author.

Flake technology

The most primitive technique of stone working is represented by flake technology. This technology was used in the first tool production (2.5 mya ago). It continued to be utilized through the Aeneolithic period (4 kya B.P.). J. Hahn (1993) has separated three basic groups within this technology: Acheulian, Clactonian, and Quina techniques.

Bifacial techniques

This technique is based on bifacial shaping (by series of flake removals) from a piece of raw material on two faces and allows regular hand-axe production (1 mya ago) as well as bifacially retouched leaf-points (120-40 kya B.P.) production.

Prepared core technology

The technique of prepared core characterizes the Middle Paleolithic (300-40 kya B.P.) and it is represented by the Levallois technology [e.g. 2] and the technology of discoidal core reduction. Levallois technology is based on the shaping of a piece of raw material into the technologically required shape (a prepared core) which allows the production of one or more target flakes of a predetermined shape - Levallois flakes. As a result of this target flake removal, the frontal face of the core loses its technologically required shape and has to be shaped again - for additional target flake production. Although the author has tried to reconstruct Middle Paleolithic technology from the site of Předmostí, to date he has not been successful (cf. Svoboda, Škrdla, Ložek, Svobodová, Frechen 1996).

Middle to Upper Paleolithic transitional period technology

The Middle to Upper Paleolithic transitional period is connected with the emergence of modern humans on European continent. In Moravia, this period is characterized by the Bohunician and Szeletian cultural units from which the flint knapping technology of the former has been studied in detail by the author (Svoboda, Škrdla 1995; Škrdla 1994b; Škrdla 1996). The Bohunician technology represents a conceptual fusion between Middle Paleolithic technology represented by an evolved Levallois technique on the one hand, and an Upper Paleolithic reduction strategy on the other hand. Cores were shaped as in the classic UP method (with a frontal crest), two opposed reduction platforms were prepared, and in the first step of the core reduction, a crested blade, followed by a series of blades reduced from both opposed platforms, were produced in order to achieve a triangular shape on the front face of the core. In the second step, a series of Levallois points with fine preparation (faceting) of the striking platform was produced (from the same direction). The resulting wide frontal face of the core was narrowed by several blade removals and another series of Levallois points was produced. The process defined by these two steps continued until the raw material was exhausted.

Upper Paleolithic technology

The Upper Paleolithic is characterized by an Upper Paleolithic technology, i.e. by the reduction of a series of blades from a narrow edge of a prepared core. The author has reconstructed a fully evolved UP technique: the Pavlovian (Škrdla 1994a; Škrdla 1997), which based on the unipolar reduction of a series of blades from a narrow face of a prepared Upper Paleolithic type core (with a frontal crest).

Grinding technology

This technology was for first applied (in tool production - discoidal retoucheurs) by Pavlovian hunters in Moravia around 25 kya B.P. A series of almost 40 pieces and fragments was excavated at the site of Pavlov I. These pieces, respectively their surfaces, were studied in detail under light microscopy (using the low-power method with magnification up to 200x) combined with CCD video camera OS-25II (resolution of 542x582 points). Images were saved in *.TIF format with a file size of 380 kB.

On the surface of the original artifacts, small facets covered by parallel striations (different orientation for each facet) were recognized. This allowed the creation of a preliminary hypothesis concerning technology reconstruction. This hypothesis was experimentally tested using combinations of 4 grinding plates (S1 - S4) and 10 limestone pebbles (L1 - L10). On the base of petrographical study, all grinding plates as well as limestone pebbles were collected from the same outcrops as the original artifacts. Original and experimental surfaces were compared from the point of view of their surface geometry (number of grooves per 1 mm and their breadth). Parallely, depositional and postdepositional disturbances (in the sequence of abrasive destruction, chemical corrosion, cleaning, storage, and study) were taken into account.

Based on the similarity of the original artifacts and the experimentally replicated surfaces, a technological sequence of ground artifacts production may be reconstructed in detail: The limestone raw pebbles

were ground (held freely in hand) using calcareous sandstone plates (of local origin) and water for cleaning the contact surfaces (the powder of worked material and microfragments of the tool).

The theoretical time necessary for discoidal retoucheurs production was experimentally determined to be 2.5 - 6 hours (depending on their dimension, i.e. for diameters ranging from 35 mm to 60 mm, with thicknesses from 10 mm to 20 mm), i.e., that the above described Pavlovian grinding technology was not a time consuming process and an retoucheur production was the question of one day's work.

Technology of perforation

Even though this technology was applied to stone at the beginning of Upper Paleolithic (Chatelperonien, Aurignacien), the author only studied a series of 44 Kulmian slate pendants from Moravian Pavlovian sites (Pavlov I and II, Dolní Věstonice I, Předmostí). The character of the holes in the original artifacts was studied under light microscopy combined with CCD video camera OS-25II (resolution of 542x582 points) with digital output that was connected with computer. Images were saved in *.TIF format with a file size of 380 kB. In order to increase the relief of the studied features, a light beam was applied using very sharp angle to studied surface. Based on the observed scratches, which centrifugally lift out from the center of the perforation, and on traces of rotating boring, a preliminary hypothesis describing technology reconstruction was created and tested. In three flat pebbles of the same Kulmian slate as was used in Pavlovian technology, holes were created according to the preliminary hypothesis. A tool kit composed of seven radiolarite and flint artifacts, same of them held freely in the hand, other placed in the handle, was tested. Best results were obtained using a combination of the tools T1 (an asymmetrical polyhedral burin) and T2 (a bilaterally backed pointed microblade) made of radiolarite and placed in a handle.

Both the original and experimentally replicated holes morphologies were compared based on production technique trace characteristics. Because the comparison did not show any significant differences, the preliminary hypothesis was accepted, and the technology may be described in following way. The technological sequence of making perforations in stone consists of the two following operations: gauging and boring. With a flint tool, linear movements are used to gouge a flat pebble from two opposing surfaces. When the perforations are connected, the hole is finished by the rotating movement of a flint tool, again from both opposed surfaces. The result is a smooth biconical hole.

Even though traces of red ochre concentrated inside the holes of the original artifacts were documented, intentional polishing using hematite powder in order to achieve an attractive surface as described R. White (1997), was not demonstrated.

Based on the experimental perforating, the time necessary for the making a hole in Kulmian slate (hardness on the Moh's scale of between the 3 and 4) is between 10 - 20 minutes (with an artifact thickness of between 3 - 5 mm).

Conclusion

Archaeology at present, as a field of study the post - modern world, is not an isolated science limited to a number of enlightened scholars, but a science open to specialists from other scientific disciplines - mathematics and physics, other natural sciences (such as biological anthropology, geology, a paleontology, petrography, etc.), the social and an economical sciences, as well as the technical sciences. In other words, the archaeology of today may be characterized as a multidisciplinary science, which aims to answer questions of the human past. This thesis is aimed at lithic technologies, trying to enrich Archaeology from the outside - from a technical environment from which the author comes. On the other hand, this thesis tries to map the history of technique and technology.

In the Stone Age environment, three basic technologies of stone working were utilized - knapping, grinding, and perforating production. Several technologies of knapping were described and two of them were reconstructed (based on refitting) in detail - the Bohunician and Pavlovian techniques. The technologies of grinding as well as of perforation making were experimentally replicated successfully.

It maybe a question, how a knowledge of stone tool production and utilization is used today. It is without doubt that the main interest in doing this thesis was archaeological. It represents the view of a technologist at the end of twentieth century looking back to the beginning of technology and technological meaning. The work may be characterized as basic research without the assumption of a direct influence on present technology. In spite of this, several applications of stone technology may be presented: experimental surgical operations using obsidian blades, a military application (survival strategies), possible abuse by terrorists (stone weapons are undetectable), in building bases not on this planet (cf. improvisation during the Apollo 13 mission), during wide scale natural catastrophes, military conflicts, and, theoretically, in the case of a collapse of energy supplies. Will we be ready?