

Hrubý, Petr; Hejhal, Petr; Malý, Karel; Kočár, Petr; Petr, Libor

## Použité metodiky

In: Hrubý, Petr; Hejhal, Petr; Malý, Karel; Kočár, Petr; Petr, Libor. *Centrální Českomoravská vrchovina na prahu vrcholného středověku : archeologie, geochemie a rozbory sedimentárních výplní niv*. Vyd. 1. Brno: Masarykova univerzita, 2014, pp. 57-69

ISBN 978-80-210-7126-1

Stable URL (handle): <https://hdl.handle.net/11222.digilib/133003>

Access Date: 27. 11. 2024

Version: 20220831

Terms of use: Digital Library of the Faculty of Arts, Masaryk University provides access to digitized documents strictly for personal use, unless otherwise specified.

## 2. Případové lokality

### 2. 1. Použité metodiky

#### 2. 1. 1. Plošné archeologické výzkumy a výzkumy profilů v potočních nivách

Metodiky plošně prováděných archeologických výzkumů středověkých hornických areálů na lokalitách Česká Bělá, Květinov, Jihlava – Staré Hory a Cvilínek (k. ú. Černov a Chrástov) odpovídaly běžným standardům záchranných archeologických výzkumů (Hrubý 2011, 43–46; Hrubý et al. 2012, 348–350). Terénní odkryvy na lokalitách Jihlava – Staré Hory (2006), Česká Bělá (2007–2008) a Cvilínek (2009–2010) byly realizovány s rozvržením výzkumné plochy do čtvercové sítě 5 × 5 m, a to především s ohledem na odběr půdních vzorků na metalometrickou analýzu. Na Cvilínku byla tato síť využita pro geofyzikální magnetické měření (obr. 32–39, 45 a 93).



**Obr. 32.** Čejkov na jihovýchodním Pelhřimovsku. Povrchový průzkum struskoviště jako indikátoru středověkého hutnického areálu v nivě potoka. Foto P. Hejhal 2009, archiv ARCHAIA Brno.

**Fig. 32.** Čejkov in the southeast part of the Pelhřimov Region. Surface survey of a slag dump as an indicator of medieval metallurgical area in the floodplain. Photo by P. Hejhal 2009, archive of ARCHAIA Brno.



**Obr. 33.** Česká Bělá na Havlíčkobrodsku. Pracovní snímek z dokumentace a odběru profilu 3 v nivě potoka Březina. Foto P. Hrubý 2007, archiv ARCHAIA Brno.

**Fig. 33.** Česká Bělá in the Havlíčkův Brod Region. A work photo from documentation and sampling of Section 3 in the floodplain of the Březina Stream. Photo by P. Hrubý 2007, archive of ARCHAIA Brno.

Půdní profily v nivě Perlového potoka u Květínova byly odebírány na řezech účelově ručně kopané sondy v místě plánované novostavby silničního mostu (obr. 35). Půdní profily u České Bělé byly očištěny na vybraných erozních hranách koryta potoka Březina (obr. 33). Metoda výzkumu na Koželužském potoce se od metod výzkumu předchozích profilů lišila. Byly zde využity dvě základové jámy pro pilíře mostní konstrukce, překlenující dnes údolí potoka. Pro sondážní výzkumné práce byla zvolena základová jáma nejnižnějšího z pilířů mostu na samém jižním okraji potoční nivy (obr. 36 a 85), která zasáhla pohřbené koryto potoka, nacházející se na bázi starokvartérního paleorozsypu rulového masivu. V základové jámě byly vytyčeny dva profily sedimentárních výplní nivy Koželužského potoka: profil Koželužský potok 1 (vrstvy 0101–0122) a profil Koželužský potok 2 (vrstvy 0124–0133). Čísla vrstev na profilech netvoří souvislou číselnou řadu, odpovídají terénní dokumentaci ARCHAIA Brno (Kočár *et al.* 2007; Malý 2006).

## 2. 1. 2. Geochemie

### Terénní odběr a zpracování vzorků pro půdní metalometrii

Geochemické vzorky byly odebírány za účelem analýz barevných kovů a separace technogenních částic, mezi něž se řadí ruda či žilovina, která prošla úpravou, hutnické i kovářské strusky, úkapky barevných kovů, okuje, uhlíky a jiné. Půdní vzorky z plošně zkoumaných archeologických situací na lokalitách Česká Bělá, Jihlava – Staré Hory a Cvilínek byly pro účely půdní metalometrie odebrány v síti  $5 \times 5$  m vždy u rohového vytyčovacího kolíku základní výzkumné ortogonální sítě. Stejně tak byly vzorky v lokálně zhuštěné síti  $1 \times 1$  m pro účely půdní metalometrie odebrány z provozních vrstev v nejužším pracovním prostoru do 3–4 m okolo pecí (obr. 50–52, 103–105). Tam, kde byla pozorována komunikační popř. provozní vrstva nad podlozím, byly odebrány ca. 2 l vzorku i této vrstvy. Při výzkumu v Květinově byly vzhledem k menší ploše odkryvu odebírány vzorky pro půdní metalometrii a nadto ještě stanovení obsahu fosforu ve zhuštěné síti  $1 \times 1$  m celoplošně (obr. 34). U některých archeologických objektů interpretovaných v souvislosti s primární úpravou rud (Jihlava – Staré Hory, Cvilínek) byly ze dna ještě odvrtnuty vzorky přirozeného podloží, které v místech předpokládaných pracovních činností a deponování produktů úpravy mohlo rovněž být dlouhodobě kontaminováno kovy obsaženými v dobývaných rudách.



**Obr. 34.** Květinov, Perlový potok. Ilustrační snímek odběru vzorků na geochemickou analýzu ve zkoumaném areálu v síti  $1 \times 1$  m. Foto P. Duffek 2008, archiv ARCHAIA Brno.

**Fig. 34.** Květinov, Perlový Stream. Illustrative photo of sampling for geochemical analysis in the examined area within a  $1 \times 1$  m grid. Photo by P. Duffek 2008, archive of ARCHAIA Brno.



**Obr. 35.** Květínov, Perlový potok. Pracovní snímek odběru a dokumentace vrstev v nivě potoka. Foto P. Hrubý 2008, archiv ARCHAIA Brno.

**Fig. 35.** Květínov, Perlový Stream. A work photo of sampling and documentation of layers in the floodplain of the stream. Photo by P. Hrubý 2008, archive of ARCHAIA Brno.

Vzorky pro půdní metalometrii byly sušeny při pokojové teplotě do konstantní vlhkosti, následně síťovány, kvartovány a odebrané množství (navážka kolem 1 g) se vařilo v  $\text{HNO}_3$ . Výluh byl filtrován. Pro stanovení Au ve vzorcích z Květínova byly vzorky vařeny v lučavce královské. Zlato bylo však pod hranicí detekce, proto se s ním v dalším rozboru situace nepracuje (kap. 2. 3. 2.).

Šlichování provozních výplní pozůstatků úpravnických zařízení a uloženin v profilech niv

Vzorky odebírané z provozních či zánikových uloženin v objektech považovaných za pozůstatky úpravnických činností (mletí, stouповání, praní, pražení) byly vedle vlastního rozboru na barevné kovy ještě prošlichovány. Při plošných odkryvech v Jihlavě na Starých Horách se pro šlichovou prospekci odebíralo 2–7 l kyprého materiálu. Na lokalitách Česká Bělá a Květínov byly odebírány vzorky pro šlichování i z pozůstatků pecí nebo ohnišť. Z těchto uloženin byly dle možností



**Obr. 36.** Jihlava, Kozelužský potok. Pracovní snímek odběru vzorků a dokumentace profilu 1. Archiv ARCHAIA Brno.

**Fig. 36.** Jihlava, Kozelužský Stream. A work photo of sampling and documentation of Section 1. Archive of ARCHAIA Brno.

separovány i technogenní částice jako drcené a mleté strusky, submakroskopické úkapky kovů, okuje, sferulky apod. Z potočních sedimentů byly odebírány vzorky o objemu ca. 10 l mokrého materiálu. Šlichování na lokalitě Cvilínek se zaměřilo na výplně nádržek v prádle (obr. 39 a 96), z nichž byl odebírán mokrá vzorek o objemu 18–30 l. Zkoumalo se fázové a chemické složení těžkého podílu a účelem bylo zjistit přítomnost upravované rudniny nebo rudního koncentráty coby produktu prádel (tab. 15–16).

Jinak bylo zaměřeno šlichování za účelem separace zlatinkového Au ze sedimentárních výplní nivy Perlového potoka. Vedle ručně kopaného materiálu z nynějších břehů se šlichovaly vzorky výplní pocházející z jádrových vrtů do hloubek 5 m (J. Valkony, K. Malý, J. Luna; obr. 71). Základní hrubé šlichování v terénu bylo zpravidla prováděno na velké rýžovací pánvi (tzv. banická miska), v laboratorních podmínkách se šlich dokončoval na malé rýžovací misce (tzv. čínský klobouk). Na této misce se v terénu šlichovaly i některé výplně nádržek v prádle na lokalitě Cvilínek a sedimenty Perlového potoka (obr. 39).



**Obr. 37.** Cvilínek na jihovýchodním Pelhřimovsku. Odběr sedimentů v objektu 0615. Foto P. Duffek 2010, archiv ARCHAIA Brno.

**Fig. 37.** Cvilínek in the southeast part of the Pelhřimov Region. Sampling of sediments in Feature 0615. Photo by P. Duffek 2010, archive of ARCHAIA Brno.

### Půdní geochemické analýzy a analýzy technolitů

Rozličné a ne vždy totožné bylo podle konkrétních podmínek spektrum analyzovaných prvků, převážně kovů a polokovů na jednotlivých lokalitách. Široké je i spektrum odběrových okolností: 1) půdní vzorky z celoplošných odběrů v síti  $5 \times 5$  m, 2) půdní vzorky z dílčích plošných odběrů v síti  $1 \times 1$  m v užším pracovním prostoru okolo pecí, ohnišť a míst primární úpravy, 3) jednotlivé půdní vzorky z výplní pecí či ohnišť, 4) jednotlivé půdní vzorky z deponií úpravnického odpadu, 5) jednotlivé půdní vzorky z výplní nádrží v prádlech, 6) půdní vzorky z uloženin v nivních profilech. Vedle toho je patrné, že na jedné a téže lokalitě nebylo analyzované prvkové spektrum vždy shodné ani ve vztahu k nálezům ze skupiny produktů, meziproduktů a odpadu metalurgické činnosti, jejichž geochemický „projev“ by s geochemií půdní měl souviset: a) hutnické strusky, b) úkapky kovů, převážně olova.

Na profilech Česká Bělá – Březina byly zjišťovány prvky As, Ba, Pb, Ag, Cd, Cu, Zn, Au, Sb (graf 5–7). Arzen a bismut byly stanoveny pomocí metody atomové absorpční spektrometrie s generací hydridů – HGAAS; měď, zinek, stříbro, kadmium a olovo byly stanoveny metodou plamenové atomové absorpční spektrometrie – FAAS. Rtuť byla stanovena metodou atomové

absorpční spektrometrie – AMA. Pro arzen je zvolená metoda schopna stanovit výsledek v rozsahu 0,1–1000 mg/kg, spodní hranice udává zároveň tzv. mez stanovitelnosti této metody pro analyzovaný prvek. Pro bismut je zvolená metoda schopna stanovit výsledek v rozsahu 0,05–1000 mg/kg. Pro měď a zinek je rozsah zvolené metody 2–400 mg/kg, pro stříbro 0,8–10 mg/kg. Obdobně stanovení kadmia umožnilo zjistit koncentrace 0,8–25 mg/kg a pro olovo činil rozsah této metody 15–400 mg/kg. Ve vzorcích z profilů Jihlava – Koželužský potok byly stanovovány hodnoty Pb, Ag, Cu, Zn, Cd, As, Bi, Hg (graf 19; analýzy provedl ČGS, V. Zoulková a kolektiv; Kočár *et al.* 2007; Malý 2006).

Izolíniové metalogramy plošného rozložení kovů v půdě byly vytvořeny v programu Surfer. Metalogramy v hustotě 5 × 5 m jsou odrazem intenzity a prostorového rozložení pracovních aktivit na dolech a v úpravárnách, při nichž se manipulovalo s rudninou, koncentrátem a s kovy (obr. 45–47, 82 a 97–101). Dílčí metalogramy okolí pecí mohou vedle rekonstrukce pracovního prostoru pomoci při jejich funkční interpretaci (obr. 50–52, obr. 103–105).

Při separaci technolitů (strusky, rudní koncentrát) byl šlich „dotažen“ na rýžovací misce až v laboratorních podmínkách. Získaný materiál byl usušen, síťován na frakci 0,2–2 mm a doseparován v bromoformu (pyknometricky změřená hustota ca. 2,9 g/cm<sup>3</sup>). Mineralogické vyhodnocení



**Obr. 38.** Magnetometrické měření v areálu prádla na lokalitě Cvilíněk v roce 2009. V pozadí odběr vzorků na půdní metalometrii. Foto P. Duffek 2009, archiv ARCHAIA Brno.

**Fig. 38.** Magnetometric survey in the ore washing facility at Cvilíněk in 2009. In the background is sampling for soil metallometry. Photo by P. Duffek 2009, archive of ARCHAIA Brno.





**Obr. 39.** Při šlichování výplní a separaci rudného koncentráту z nádržek v prádle na lokalitě Cvilínek v roce 2009 byl stejně jako před 750 lety využit přirozený vodní zdroj, tj. potok Kamenička. Foto P. Duffek 2009, archiv ARCHAIA Brno.

**Fig. 39.** For washing of sediments and separation of ore concentrate from basins of the ore washing facility at Cvilínek in 2009, a natural water source, i.e. the Kamenička Stream, has been used in the same way as it was 750 years ago. Photo by P. Duffek 2009, archive of ARCHAIA Brno.

koncentrátu těžkých minerálů probíhalo pod binokulárním mikroskopem (spolupráce J. Luna) a podle potřeb byl analyzován na obsah kovů. Jako feromagnetická fáze byly označeny nerosty, které bylo možné ze šlicu získat separací permanentním magnetem. Metodou AAS byl při metalometrické analýze ve vzorkovaných technogenních uloženinách zjišťován obsah Pb, Ag, Cu, Zn, Sb, As. Na lokalitě Jihlava – Staré Hory bylo zjišťováno i Ba, přítomné ve zdejším žilném minerálu a tím i v úpravnickém odpadu. Ze vzorků, které obsahovaly velké množství barytu již makroskopicky, byl tento minerál ručně vyseparován, zvážen a množství Ba pak bylo dopočteno k obsahu Ba zjištěnému analýzou.

Mineralogické zhodnocení vzorků rud či technolitů z uloženin v archeologických objektech interpretovaných technologicky (pece a ohniště, jámy a nádrže v prádle) bylo provedeno v nábrusech na mikroskopu Olympus BX-40. K determinaci fází a stanovení jejich chemismu byl použit elektronový mikroskop JEOL JSM-6490LV s EDX analyzátořem (Oxford Instruments; Ústav geologických věd PřF MU Brno, J. Štelcl; srov. Malý 2004; 2005; 2006; 2008).

### 2. 1. 3. Archeobotanika, dendrochronologie a radiometrie

Terénní odběry půdních vzorků pro analýzy zuhelnatělých i nezuhelnatělých makrozbytků

Odběr půdních vzorků k plavení a následné analýze makrozbytků byl na plošně zkoumaných areálech realizován vždy podle konkrétních terénních podmínek a situace (Hrubý 2007; Hejhal *et al.* 2008; 2009). V roce 2002 byly na lokalitě Staré Hory I vzorkovány výhradně uloženiny z výplní zahloubených zbytků staveb. Na lokalitě Staré Hory III (ZAV 2004–2005 a 2006) byly vzorkovány rovněž uloženiny z tzv. zemnic (obr. 83). Objem odebraných vzorků se pohyboval od 0,5 l do 20 l, popřípadě 31,5 l do 48,5 l (Hrubý 2011, 43–46, tab. 4, 254–255, tab. 21 a 22, graf 9).

Na lokalitě Cvilínek byly za účelem studia makrozbytků, uhlíků a pylů vzorkovány a) antropogenní zánikové i provozní výplně zahloubených archeologických objektů, b) vodně sedimentární organogenní uloženiny podmíněné zčásti středověkou montánní aktivitou v archeologickém objektu 0615 (obr. 37) a c) vodně sedimentární prostředí nivy potoka v době před vznikem středověkých montánních areálů na profilu 1. Zejména dvě posledně jmenovaná prostředí byla pro detailní srovnání environmentálních metod a jejich výsledků velmi užitečná (kap. 2. 5. 3.). Celkem zde bylo proplaveno 357,2 l půdních vzorků. Vzhledem k rozmanitým fosilizačním podmínkám na jednotlivých částech lokality se kombinovaly dva způsoby separace zbytků rostlin ze vzorků, a sice a) flotace, b) proplavení na soustavě sít. Z plošně zkoumaného montánního areálu u České Bělé a také pracovního areálu u Květinova nebyly půdní vzorky pro analýzu makrozbytků odebírány.

Kompletně se pro analýzu makrozbytků odebíraly vlhké půdní vzorky z profilů potoků Březina a Perlový. Na Koželužském potoce u Jihlavy byly pro analýzy rostlinných makrozbytků a analýzu dřev a uhlíků z profilu 2 odebrány vzorky sedimentu do igelitových pytlů. Objem odebraných vzorků činil 3–12 l. Celkem bylo analyzováno 11 vzorků odpovídajících 11 vrstvám rozlišitelným v terénu (0143, 0148, 0136, 0135, 0142, 0140, 0145, 0147, 0128, 0129, 0127, 0134). Plaveny byly také makrozbytky z vlhkého půdního vzorku sedimentární výplně přirozené nivy a pak i z dřevěného koryta v Kežlicí na Pstružném potoce. Oba profily byly rozřezány asi po 5 cm (při respektování přirozených vrstev) a z jejich sedimentu byly separovány rostlinné makrozbytky, uhlíky a zlomky dřev (obr. 13 a 14). Analýza převážně zuhelnatělých makrozbytků byla provedena u vzorku z vrstvy 0101 ze Žďáru nad Sázavou, který lze charakterizovat jako bodový odběr (obr. 8: 10, obr. 20, tab. 3).

Terénní odběry půdních vzorků pro pylové analýzy

Pro pylovou analýzu byly odebrány sloupce z nivních profilů do plechových krabic o rozměrech 10 × 10 × 50 cm. Na potoce Březina u České Bělé byly odebrány vzorky ze tří profilů vodoteče, které byly přístupné na erozi stržených březích. Z profilu 1 byl odebrán monolit v délce 200 cm, z profilu 2 sloupec délky 150 cm a profil 3 v celé délce 195 cm až k odkrytým dřevěným fošnám na dosažené bázi (obr. 59 a 60). Také stratigrafie byly na profilech výzkumné sondy odebrány do plechových krabic o rozměrech 10 × 10 × 50 cm. Profil 1 z nivy Perlového potoka byl odebrán v celém zkoumaném rozsahu, doplňkový profil 2 pouze ve střední části (délka sloupce 50 cm),

kde se předpokládal na základě vizuální přítomnosti uhlíků záznam o hlavních environmentálních změnách ve vrcholném středověku. Odběrový sloupec z profilu Koželužský potok 2 byl rovněž až po dosaženou bázi (obr. 87).

Na lokalitě Cvilínek byly pro pylové analýzy vzorkovány celkem tři profily v blízkosti zdejší vodoteče Kamenička. Profil 1 byl vyloučen z důvodu absence pylových zrn a profily 2 a 3 shledány téměř totožné. K analýze byl vybrán profil 3 odebraný z archeologického objektu 0615 v tůni východ, který lze charakterizovat jako zahloubené místo kvadratického průřezu (objekt zahloubený do sedimentárních uloženin blízko potoka) s okraji zpevněnými položenými dřevěnými kuláči (obr. 37, kap. 2. 5. 3.).

### Analýza rostlinných makrozbytků

Při odběrech půdních vzorků z nivních profilů byl použit standardní postup separace rostlinných zbytků z mokřých archeologických situací (Jones 1991; Van der Veen 1984). Vzorky sedimentu byly namočeny do většího množství vody, poté proplaveny přes soustavu sít o průměru ok podle potřeby (0,25–0,4 mm) a vysušeny při pokojové teplotě. Separované zuhelnatělé i nezuhelnatělé zbytky rostlin byly vybrány a tříděny pod stereoskopickým mikroskopem. Materiál byl analyzován v takovém objemu, aby byl získán statisticky reprezentativní soubor makrozbytků rostlin. Získaný paleobotanický materiál byl determinován za použití srovnávací sbírky diaspor rostlin a dále základní literatury k určování rostlinných makrozbytků (Anderberg 1991; Berggren 1969; 1981; Bertsch 1941; Katz et al. 1965; Beijerinck 1947; Schermann 1967) a literatury pro jednotlivé kritické skupiny rostlin (Körber-Grohne 1964; Klán 1947). Interpretace ekologie rostlin je založena zejména na údajích z publikací Deyl – Ušák 1956; Hejný – Slavík 1988; Mikyška 1968 a Moravec et al. 1995).

### Pylové analýzy

Odebrané sloupce z profilů byly před analýzami v laboratorním prostředí rozčleněny na vzorky odpovídající pokud možno stratigrafiím stanoveným ještě v terénu a následně i dle stratigrafií až mikrostratigrafií, které v terénu *in situ* rozlišeny být nemohly. V případě profilu 1 na potoce Březina u České Bělé byl odebraný sloupec rozčleněn na 37 vzorků, přičemž spodní část profilů byla rozdělena po mechanických 5centimetrových vrstvách, vrchní část pak po 10centimetrových vrstvách. Profil 2 byl rozdělen na 25 mechanických vrstev a profil 3 byl odebrán v délce 195 cm (celá část nad dřevěným prvkem) a následně rozdělen na 29 vzorků. Odebraný sloupec z profilu 1 na Perlovém potoce délky 150 cm byl v laboratoři rozřezán na 28 vzorků při snaze dodržet hranice přirozených vrstev odlišených v terénu. Vzorky byly připraveny standardní acetylační metodou s použitím kyseliny fluorovodíkové pro odstranění křemičitanů (Faegri – Iversen 1989; Moore et al. 1991). Pylové diagramy a numerické analýzy byly provedeny v programu POLPAL (Nalepka – Walanus 1999). Suma pylových zrn z každé uloženiiny je minimálně 500.

## Analýza dřev a uhlíků

Uhlíky byly separovány z objemných půdních vzorků po flotaci, z mnoha náleзовých kontextů byly vybrány archeology přímo při exkavaci. Na lokalitě Cvilínek byly kvůli velikosti výzkumné plochy, záchrannému charakteru výzkumu i nemožnosti plavit vzorky v terénu vzorkovány výběrové archeologické situace. Prioritně byly sledovány uhlíky jako pozůstatky paliva, a to ze třech hlavních náleзовých situací: a) výplní pecí a objektů v jejich blízkosti; b) kumulací uhlíků v pracovním prostoru okolo pecí a struskovišť; c) uhlíků uzavřených ve struskách, které jsou autentickým dokladem paliva (graf 24, obr. 108). Na odběrovém sloupci z profilu 2 Květinov – Perlový potok bylo již pouhým okem patrné značné nabohacení uhlíků (graf 15).

Zlomky dřev a uhlíků byly vybrány pod stereoskopickým mikroskopem (vybírány byly zlomky větší než 2 mm). Po provedení čerstvých lomných ploch a řezů žiletkou (transversální, radiální a tangenciální zlom) byly zlomky dřev a uhlíků prohlíženy pod světelným mikroskopem uzpůsobeným pro prohlížení v dopadajícím světle při zvětšení 50×, 100× a 200×. Zaznamenány byly počty fragmentů jednotlivých dřevin ve vzorcích a hmotnostní poměry s přesností na 0,001 g. Paleobotanický materiál byl determinován za použití srovnávací sbírky dřev a uhlíků, literatury k určování dřeva a uhlíků a internetového klíče k určování dřeva a uhlíků (*Schweingruber 1978*; <http://www.woodanatomy.ch>). Vzorky byly určeny z hlediska taxonomického zařazení na úroveň rodu.

Na tomto místě je vhodné uvést, že výsledky archeobotanických a vlastně i geochemických analýz jsou v této studii prezentovány někde formou tabulek, jinde grafů. To může působit na pohled nejednotně, ale má to své důvody. Tabulky jsou užity převážně u analýz menšího rozsahu, např. z tzv. bodových odběrů, anebo tam, kde je druhové, popř. prvkové spektrum chudší a v čase se významně nemění. Grafy se naopak uplatňují u větších souborů, u kterých pozorujeme třeba i významné změny v podílu druhů v čase. Podobně je tomu u geochemie, u které plošné nebo vertikální metalogramy vyjadřují mnohem lépe než tabulka významné změny v množství ukládaných kovů v čase anebo jejich kontrastní lokální nabohacení v ploše, což může být interpretačně důležité.

## Rozbory a datování vlhkých stavebních dřev a dřevěných ekofaktů

Jde o sortiment specifický pro lokalitu Cvilínek, v jejímž rámci však lze vzhledem k hydrologickým podmínkám výskyt dřev označit za běžný. V průběhu obou výzkumných sezón byly odebírány vzorky stavebních dřev na druhovou a dendrochronologickou analýzu (*Rybniček 2010*; *Kyncl 2014b*). Dendrochronologicky byla datována i dřeva z Kostelce a ze dvou míst na starohorské dislokaci. Naopak dřeva z Kežlice se pro nedostatečný počet letokruhů datovat touto metodou nepodařila (*Kyncl 2012*; *2013*; *Kyncl 2014a*). U vzorků byly změřeny letokruhové sekvence. Při překrytí datované křivky s letokruhovou křivkou šedesátiletokruhy je kritická hodnota Studentova t-rozdělení při 0,1% hladině významnosti 3,46. T-testy mají vyšší hodnotu než 3,46, což svědčí o spolehlivosti datování. Správnost datování potvrzuje i shoda standardní chronologie s letokruhovou křivkou ve většině extrémních hodnot. Na Cvilínku se z celkem 24 vzorků podařilo spolehlivě datovat pouze tři. Na druhé straně ale byla všechna datovaná

dřeva smýcena v krátkém intervalu 1267–1268 (tab. 1). V trvale zvodnělých plochách lokality Cvilínek bylo podrobena výzkumu i uskupení pařezů po mýceném a klučném lesním porostu se stopami opálení. Celkem bylo evidováno 35 pařezů a z toho 30 nevyvrácených, tedy *in situ*. Sledováno u nich bylo druhové složení, průměr a stopy opálení, smýcení sekerou, vložení konstrukcí určených k praní rud apod. Podobně byl vzorkován soubor 111 konstrukčních prvků v prádle na téže lokalitě.

## Radiokarbonové datování a kalibrace $^{14}\text{C}$ dat

Profily Česká Bělá – potok Březina a Květinov – Perlový potok byly datovány s využitím metody  $^{14}\text{C}$ . datování bylo provedeno v Centru aplikovaných izotopových studií na Univerzitě v Georgii (The University of Georgia – Center for Applied Isotope Studies) v USA metodou AMS. Kalibrace byla provedena s intervalem spolehlivosti 89 % a 95,4 %. Vzorky z Jihlavy – Koželužského potoka a jeden ze vzorků z Kežlice zpracovala metodou AMS laboratoř v Poznani. Kalibrace na kalendářní datum byla provedena v programu OxCal (<https://c14.arch.ox.ac.uk/oxcal/>) s intervalem spolehlivosti 68 % a 95 %. Atmosférická data byla využita z práce Reimer *et al.* 2004; OxCal v 3.10 Bronk Ramsey (2005); cub r:5 sd:12 prob usp[chron].

Radiokarbonová data měřila konvenční metodou laboratoř Ústavu jaderné fyziky AV ČR v Praze. Pro datování byly zpracovány vzorky z intravilánu v České Bělé z profilu potoka Bělá (ZAV ARCHAIA Brno, 2012). Šlo o severní profil stavební jámy, kde byla na kvartérní/holocénní bázi odebrána náplavová plastická organogenní uloženina s výrazným podílem naplavených dřev a uhlíků (obr. 20 a 40: 4). Dále byly konvenčně datovány kuláče z nivy na pravém břehu Pstružného potoka u obce Kežlice (hloubka 180 cm, číslo 0401). Dalším vzorkem byly zuhelnatělé větvičky smrku z vrstvy 0101 z Brodské ulice na západním okraji Žďáru nad Sázavou. Šlo o antropogenně ovlivněnou uloženinu na kvartérním/holocénním podloží několik set metrů jižně od středověkého areálu Staré město (obr. 8: 10). Vzorky byly kontrolovány a mechanicky očištěny. Poté byly louženy v roztocích 4% HCl, opakovaně ve 4% NaOH a následně opět ve 4% HCl (postup Acid/Alkali/Acid, A/A/A, příp. ABA). Poté byly vzorky spalovány v proudě čistého kyslíku (čistota 5.0) v křemenné aparatuře. Připravený  $\text{CO}_2$  byl přečišťován mokrou cestou roztokem  $\text{AgNO}_3$  a sušen. Následně byl z  $\text{CO}_2$  syntetizován benzen postupem syntézy karbidu lithného, hydrolyzy, čištění acetyleny a katalytické trimerizace. Syntetizovaný benzen byl proměřován na nízkopozadovém kapalinovém scintilačním spektrometru Quantulus 1220. Jako slepý (fosilní) vzorek byl použit benzen. Pro kalibraci byla použita kyselina šťavelová.

Naměřená aktivita  $^{14}\text{C}$  byla vyjádřena v letech BP (Before Present) jako konvenční radiouhlíkové stáří dle Stuiver-Polachovy konvence. Kombinovaná nejistota konvenčního radiouhlíkového stáří zahrnuje dílčí příspěvky dané měřením vzorku, slepého vzorku, kalibrací na vliv zhášení a stanovením hodnoty  $\delta^{13}\text{C}$ . Nejistoty uváděné u hodnoty konvenčního radiouhlíkového stáří odpovídají pravděpodobnosti přibližně 68 %. Pro určení stáří vzorků byl použit revidovaný kalibrační program Calib 6.0.1 s kalibrační křivkou IntCal09. Po přiřazení nejistot daných radiouhlíkovou kalibrační křivkou byly konvenční radiouhlíkové stáří a jeho kombinovaná nejistota přepočteny na intervaly kalibrovaného stáří; pro interval nejistoty 2s stanovení aktivity  $^{14}\text{C}$ , který

odpovídá pravděpodobnosti přibližně 95 % (tab. 2). Míra absolutní pravděpodobnosti intervalu kalibrovaného stáří vycházela z rozšířené kombinované nejistoty stanovení  $^{14}\text{C}$  (2s) a byla vypočtena z míry dílčí hlavní relativní pravděpodobnosti stanovené kalibračním programem, násobené koeficientem 0,95 (Světlík 2013a–b).

## 2. 2. Česká Bělá: středověké důlní areály a potok Březina

### 2. 2. 1. Krajinový a sídelně historický kontext mikroregionu Česká Bělá

Reliéf v okolí České Bělé je charakterizován jako mírně zvlněná rovina s plochými návršími, na jejichž svazích se nacházejí prameniště regionálních vodotečí. Střední a dolní toky vodotečí (potoky Březina, Bělá, Borovský, Jitkovský, Rouštský anebo Břevnický) se zařezávají do reliéfu krajiny a vytvářejí tak často i výrazná údolí s hloubkami do 30–40 m. Střední nadmořské výšky terénu se pohybují okolo 500–520 m. Návrší a kopce v mikroregionu dosahují výšek 530–576 m, jen výjimečně, a to výhradně směrem k severu, překračují výškovou hranici 600 m (Bída 606,4 m n. m., Fiedlerův kopec 614,5 m n. m.).

Mikroregion České Bělé je definován vodními toky, které jsou sbírány Borovským potokem, pravobřežním přítokem Sázavy. Městečko Bělá samotné se nachází na horním toku stejnojmenného potoka Bělá. Ta je pravým přítokem Borovského potoka, do kterého se vlévá v Macourově ve výšce asi 462 m (JTSK 656390:1106516). Intravilánem městyse protéká potok Bělá v intervalu nadmořských výšek 507,5–498 m. Celková délka potoka je 7,6 km. Pramení na katastru Počátek severovýchodně od obce ve výšce 597 m. Bělá tvoří na horním toku pouze mělké údolí s mokřady (lučinami). Pod městysem se již výrazněji zahlubuje do reliéfu krajiny, přičemž převýšení svahů údolí nad hladinu se pohybuje okolo 20–30 m. V sevřenějších partiích údolí je řečiště spíše rovnější a nepříliš členité. Tam, kde se údolí více otevírá, se nacházejí převážně kultivované nebo zastavěné reliktů původní potoční nivy Bělé o šířce až několik desítek metrů.

### 2. 2. 2. Středověký důlní areál

Archeologie montánního areálu

Lokalita leží na táhlém hřbetu 800 metrů severovýchodně od městyse v nadmořské výšce 540–560 m. Na západní straně klesá tento hřbet do údolí říčky Bělé, na východě do údolí potoka Březina (obr. 40: 2, obr. 41–42). Zkoumaný důlní areál se jako pozemková anomálie a zřejmě jako v minulosti viditelné propady s obvaly projevoval na mapách 19. století jako parcela protáhlého a úzkého tvaru, která na rozdíl od okolních polí nebyla orána (obr. 56: 1). V letech 2007–2008 zde proběhl záchranný archeologický výzkum vyvolaný stavbou silničního obchvatu městyse (Hejhal *et al.* 2009; srov. obr. 44).