

Proveniencia medenej suroviny na Morave v mladšej dobe bronzovej na príklade kovových depotov z Blučiny a Borotína

The provenance of copper ore in Moravia
in the Late Bronze Age based on metal hoards from Blučina and Borotín

Tomáš Zachar – Milan Salaš

Lokality Blučina – Cezavy a Borotín poznajú archeológovia najmä v súvislosti s nálezmi depotov kovových predmetov. Prvá zmienená lokalita je na základe 18 dokumentovaných hromadných nálezov považovaná za regionálne centrum bronzovej metalurgie, kolekcia predmetov v Borotíne zaujala nálezom chalkopyritovej rudy priamo v depote. Súborny z obidvoch spomenutých nálezísk obsahujú okrem ďalších artefaktov aj polotovary suroviny vo forme zliatkov. Koncentrácia depotov na Blučine, doklady primárnej metalurgie v podobe ingotov a fragmentu rudy v Borotíne predurčuje zmienené skladby na riešenie problematiky proveniencie medenej suroviny na Morave v mladšej dobe bronzovej pomocou moderných archeometalurgických analýz. Predkladaný článok informuje odbornú verejnosť o predbežných výsledkoch chemickej (ICP-MS, ICP-OES) a izotopovej analýzy vybraných kovových zliatkov z hromadných nálezov Blučina 1 a Borotín. Na základe získaných výsledkov autori diskutujú o možnom pôvode medenej rudy z domácich ložísk, z banských regiónov v oblasti Východných Álp ako i Západných Karpát.

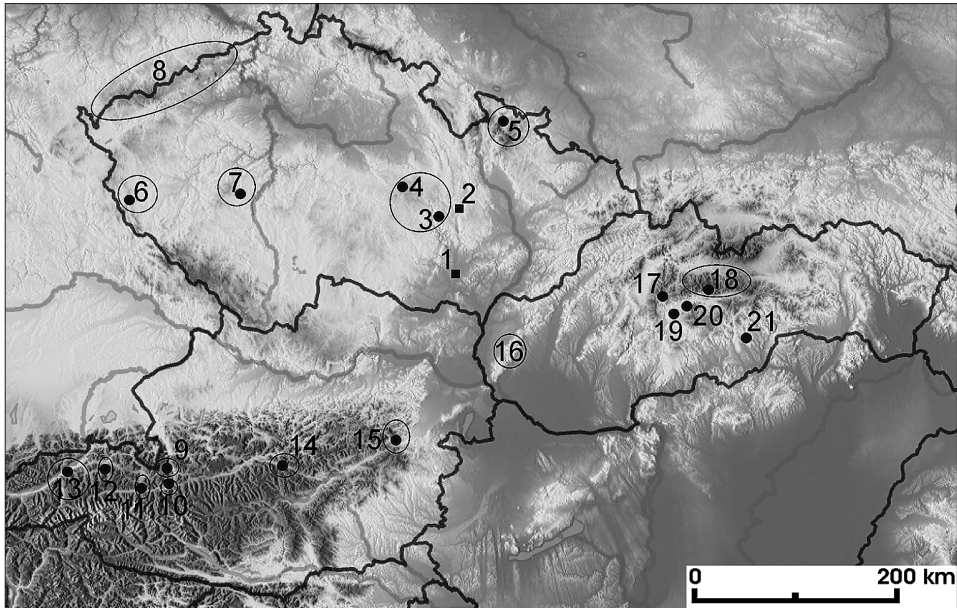
medené zliatky – chemická analýza – analýza stabilných izotopov olova – proveniencia medi – Morava – mladšia doba bronzová

The sites of Blučina-Cezavy and Borotín in south Moravia are known by archaeologists mainly because of hoards of metal objects. On the basis of 18 documented hoards, the first mentioned site is considered a regional centre of bronze metallurgy, while the assemblage of objects from Borotín is considered interesting because of the find of chalcopyrite ore directly in the hoard. Both collections also contain, apart from other artefacts, raw material in the form of ingots. The concentration of hoards in Blučina and evidence of primary metallurgy in the form of ingots and ore fragments in Borotín make these collections useful for solving the issue of the provenance of copper in Moravia in the Late Bronze Age with the help of modern archaeo-metallurgical analyses. The submitted paper informs the professional community of the preliminary results of chemical (ICP-MS, ICP-OES) and lead isotope analyses of selected ingots from the Blučina 1 and Borotín hoards. On the basis of the collected results, the authors discuss the possible origin of the copper ore from local deposits, mining regions in the area of the Eastern Alps as well as the Western Carpathians.

copper ingots – chemical analysis – lead isotope analysis – copper provenance – Moravia – Late Bronze Age

1. Úvod

Územie historickej Moravy má geografický charakter v podobe prevažujúceho nížinného až pahorkatinového reliéfu (*obr. 1*). Nie je to oblasť s výskytom početných medených rúd spojených zvyčajne v okolitých krajinách so silnou baníckou tradíciou (napr. *Majer 2004; Měřínský 1984; Págo 1968; Pittioni 1957*, 64–66). O to zaujímavejšie pôsobí na spomenutom území zistená koncentrácia enormného množstva medi zo staršej doby bronzovej, odkrytej vo forme medených kruhových hrivien (*Krause 2003*, 161, Abb. 127, 128; *Tihelka 1965*).



Obr. 1. Lokality s analyzovanými depotmi na Morave (1, 2) ako i predpokladané (3–8, 16, 18–21) a doložené (9–15, 17) prehistorické banské regióny uvádzané v texte. Doplnené podľa Stöllner 2015, 99, Abb. 1. Podklad: www.stepmap.com.

Fig. 1. Sites with analysed hoards in Moravia (1, 2) and with assumed (3–8, 16, 18–21) and documented (9–15, 17) prehistoric mining regions listed in the text. After Stöllner 2015, 99, Abb. 1, supplemented. Map from www.stepmap.com.

1 – Blučina, 2 – Borotín, 3 – Štěpánov nad Svatkou, 4 – Krucemburk-Staré Ransko (Českomoravská vrchovina), 5 – Zlaté Hory (Zlatohorská vrchovina), 6 – Mutěňín (Český les), 7 – Vrančice (Brdská oblasť a okolie), 8 – Krušné hory a Vogtland, 9 – Mitterberg, 10 – St.Veit, 11 – Pinzgau a okolie, 12 – Kitzbühel/Jochberg, 13 – Schwaz/Brixlegg, 14 – Horné Štajersko, 15 – Dolné Rakúsko, 16 – Malé Karpaty, 17 – Špania Dolina – Piesky, 18 – Nízke Tatry, 19 – Poniky, 20 – Ľubietová, 21 – Španie Pole.

Uvedený jav sa ešte výraznejšie prejavil pri nálezoch patriacich do záveru strednej doby bronzovej a najmä obdobia popolnicových polí, kde nachádzame množstvo medenej suroviny vo forme zliatkov deponovaných v početných bronzových depotoch (Salaš 2005, 126–130). Výskyt väčšieho množstva medi v dobe bronzovej na moravskom území tak prirodzene vyvolával záujem bádateľov na poli archeológie ohľadne prvkového zloženia kovu, pôvodu rudy ako i dôveryhodnosti k metodike aplikovaných analýz (Salaš 1986, 152–158).

V predkladanej štúdií predbežného charakteru sme upriamili výber depotov s obsahom medených zliatkov pre riešenie problematiky určenia proveniencie medenej suroviny na chronologicky spoľahlivo ukotvené súbory. Ide tiež o lokality s hromadnými nálezmi, ktoré majú podľa nášho názoru pre problematiku určenia pôvodu medenej rudy, ako i významu metalurgie v mladšej dobe bronzovej na Morave, kľúčové postavenie. Odbornej verejnosti je dobre známa vyšinná poloha Cezavy v katastri obce Blučina (obr. 1: 1). Na území južnej Moravy predstavuje situáciu s unikátnou koncentráciou 18 dokumentovaných depotov, získaných náhodne alebo pri archeologických výskumoch, prebiehajúcich celkovo v 33 sezónach (Salaš 2005 s ďalšou lit.; Tihelka 1969). Charakter nálezových situácií naznačuje,

že hromadné nálezy pravdepodobne predstavovali súčasť zložitejších nadzemných štruktúr s existenciou aj zahĺbených objektov (*Salaš 2014*, 160–163; *2015*, 230–231). Depoty patria zhodne do jedného chronologického horizontu, pomenovaného podľa eponymnej lokality Blučina, zaradenej do stupňa B D1 (*Salaš 2005*, 138–140, obr. 24) a umožňujú urobiť si predstavu o metalurgickom-produkčnom areáli počiatkom mladšej doby bronzovej na Morave (*Salaš 1995*, 580–581). Z tejto lokality boli analýze podrobené tri zliatky zo súboru Blučina I (inv. č. 57399, 57941–942: *Salaš 2005*, 286, tab. 44: 25, 27, 28). Výber troch medených zliatkov pre potrebu analýzy z depotu v Borotíne (okr. Blansko; inv. č. 118622–624: *Salaš 2005*, 308, tab. 93: 31–33), ležiacom na rozhraní Podorlickej pahorkatiny a Boskovickej brázdy (obr. 1: 2; *Bína – Demek 2012*, 57, 98–101), výrazne ovplyvnil unikátny nález fragmentu rudy chalkopyritu (*Přichystal – Obr 1986*, 164; *Salaš 1986*, 147, 152–158, obr. 4). Skladba bronzových predmetov v tomto celku pozostáva z nálezu spomenutej rudy, štyroch medených zliatkov, ako i ďalších 34 bronzových artefaktov (nástroje, zbrane, súčasti kroja, odlievacie jadro, neklasifikované predmety). Depot patrí v rámci chronológie moravských hromadných nálezov do horizontu Přestavky, zaberajúcim prevažne stupeň Ha A1 (*Salaš 2005*, 307–309, tab. 91B–93, tam i ďalšia lit.).

2. Dejiny bádania k pôvodu medi na Morave

Záujem o materiálové analýzy medených zliatkov z dnešnej Moravy, odbornou literatúrou označované aj ako ingoty (nem. Gusskuchen, Barren; angl. ingot; k terminológii viď *Modl 2010*, 127–128; *Weisgerber 2004*, 31), evidujeme už od konca 19. storočia. V súčasnosti najstaršia evidovaná chemická analýza medeného zliatku pochádza z depotu v Brníčku (*Podborský 2007*; *Salaš 2005*, 16; *Trapp 1879*, 106). Do konca 19. storočia spadá tiež chemická analýza náramku z depotu Žárovice-Hamry I (*Faktor 1896*; *Salaš 2005*, 16). V období pred druhou svetovou vojnou uskutočnil meranie chemického zloženia dvoch medených zliatkov zo súboru z Pravčíc 2 J. Skutil (*1972*, 40–41). V 80. rokoch 20. storočia analyzoval metódou spektrálnej analýzy štyri medené ingoty z hromadného nálezu mohylovej kultúry z Mušova I S. Stuchlík v spolupráci s chemikom L. Págom (*Stuchlík 1981*, 367; *Págo 1981*, 370–371). Prvýkrát boli chemicky analyzované aj kovové artefakty z Blučiny (*Págo 1985*). Modernejšie práce s presnejším určením primárneho typu rudy z vytavených zliatkov a následné porovnanie s najbližšími známymi výskytmi medených rúd boli publikované v druhej polovici 80. a najmä v 90. rokoch minulého storočia. Spektrálnou analýzou boli analyzované tri zliatky a fragment medenej rudy z depotu v Borotíne. Išlo o úspešnú spoluprácu M. Salaša opäť s L. Págom, L. Mildnerom ako i N. Krutským (*Salaš 1986*, 142–155, obr. 4, príl. 1, 2). Fragment medenej rudy zo spomenutého depotu mineralogicky a chemicky posúdili geológovia A. Přichystal a F. Obr (*1986*, 164, 165, tab. 1). V roku 1987 prebehli spektrálne analýzy 32 ks medených zliatkov z depotov Blučina č. 1, 5, 7, 8, 12–14, Borotín a Ořechov v laboratóriu Inštitutu Historii kultury Materialnej Poľskej akadémie vied vo Varšave (*Koziorowska 1987*). Získané výsledky boli overené a doplnené modernjšou metódou röntgenovej energiovo-disperznej mikroanalýzy (EDX) vybraných 10 ks zliatkov z bronzových skladieb Blučina 1 a 13, Ořechov a Boskovice 3. Išlo o spoluprácu Archeologického ústavu MZM Brno a vtedajšieho Výskumného ústavu 070 v Brne (*Salaš – Stránský – Winkler 1989*, 57–58, tab. 1; *1993*, 61–72; *Stránský – Salaš 1987*, 12–17).

Najväčší súbor (celkove až 320 ks) medených zliatkov z mladšej doby bronzovej z moravských lokalít (depoty Blučina 13, Kubšice, Polešovice) bolo analyzovaných modernejšími metódami v podobe röntgenovej fluorescence (XRF) a inštrumentálnej neutrónovej aktivačnej analýzy (INAA) v rámci rozsiahlejšieho projektu Archeologického ústavu AV ČR v Prahe v spolupráci s J. Fránom (viď *Vobecký – Fikrle 2011*, 5; *Frána et al. 1997*, 16, 20–21, 119–125, 128–130, 161–163; 2004, 302; *Salaš 1997*, 47–48). Pokračovali aj analýzy zlomku chalkopyritu z depotu v Borotíne modernou metódou indukčne viazanej plazmy (ICP) v kombinácii s porovnaním stabilných izotopov síry s cieľom upresniť provenienciu medenej rudy (*Malý 2000*; prehľadne *Salaš 2005*, 16, 127–128). Chemické analýzy bronzových, prípadne i medených súčastí hromadných nálezov z doby bronzovej na Morave prebiehajú prirodzene i v súčasnosti v súvislosti s rozšírením využitia prenosných XRF prístrojov (napr. *Malach – Štrof – Hložek 2016*, 8–13).

3. Územie Moravy v kontexte stredoeurópskych ložísk medenej rudy

V nasledujúcom stručnom prehľade sa zameriame na výskyty medených rúd v širšej strednej Európe (*obr. 1*) patriacej geologicky na jednej strane do alpsko-balkánsko-karpatsko-dinárskeho orogénu a terciárneho vnútrokarpatského-alpského metalogenného pásma (*Heinrich – Neubauer 2002*, 354, fig. 1), na druhej strane do oblasti Českého masívu (*Bartelheim 2016*, 140–141, fig. 2). Vzhľadom na geografickú pozíciu sledovaného územia Moravy (*obr. 1*) zatiaľ v práci vynecháme medené ložiská preukázateľne využívané v období staršieho metalika v južnej a západnej časti Východných Álp (*Cattin et al. 2011*, 1121–1126; *Cierny 2008*). Charakter a rozsah práce nám nedovoľuje podrobnejšie sa zaoberať bankskými regiónmi na území Západných Álp, ako i príslušných revírov v severnej časti Apeninského polostrova (*Artioli et al. 2014*, 52–53, fig. 1). Rovnaké tvrdenie platí aj o výskytoch medi v oblasti dnešného stredného Nemecka (pohorie Harz; *Niederschlag et al. 2003*, 81), početných rudných ložísk v rumunských Východných Karpatoch (*Boroffka 2009*) ako i už v období eneolitu využívaných ťažobných okrskov v juhovýchodnej Európe (*Bartelheim 2009*, 178–179; *Jovanović 1982*; *Pernicka et al. 1993*). Pre úplnosť musíme uviesť dokonca aj náleziská z východného Stredomoria, ako dokladá nález zlomku medeneho ingotu pôvodom z ostrova Cyprus z bavorskej lokality Oberwilflingen (*Primas – Pernicka 1998*, 60–62). Zo všetkých uvedených oblastí nemôžeme v prostredí strednej Európy (*obr. 1*), a teda aj na území dnešnej Moravy, vylúčiť pôvod aspoň menšej časti medenej suroviny (pozri k tomu tiež *Ling et al. 2013*; 2014).

Český masív

Ako už bolo konštatované vyššie, oblasť historickej Moravy so svojimi fyzicko-geografickými, geologickými a mineralogickými špecifikami nevytvorila podmienky pre metalogénu početnejších ložísk medených rúd. V prípade domácich nálezov medených zrudnení na Morave v súvislosti s existenciou chalkopyritu v hromadnom náleze v Borotíne sa v odbornej literatúre skloňuje menšie ložisko farebných a drahých kovov, označené ako štěpánovský rudný revír, nevelmi vzdialené od spomenutého depotu (ca 30 km; *Přichystal –*

Obr 1986, 166). Zmiený historický rudný obvod leží v severovýchodnej časti Českomoravskej vrchoviny v katastri dnešnej obce Štěpánov nad Svratkou (okr. Žďár nad Sázavou; obr. 1: 3). Lokalita predstavuje menšie územie s výskytom strieborných, olovených a medených rúd ležiacie na západnom okraji svrateckej klenby moravika s doloženou prospekciou a ťažbou v 13. až 16. storočí, ale významne taktiež v 18. s pokračovaním aj v 20. storočí (Houzar et al. 2000, 116, 133–134). Rudné ložiská nachádzame vyvinuté v olešnickej skupine, ktorá tvorí nadložie severnej časti svrateckej klenby moravika. Mineralizácia medi je viazaná na kryštalické vápence, prípadne na bítešskú rulu a vystupuje aj do pripovrchových zón (Mísař 1995). Medené zrudnenie olešnickej skupiny moravika môžeme priradiť k Cu-Pb(-Zn) typu. Historické dobývky medi s dominantným zastúpením chalkopyritu viazaným na kremennú žilovinu evidujeme najmä na lokalitách Borovec (štôlna Na Bukovské) a Štěpánov (štôlna Mír a Na Barytě; Češková 1978, 32, 34–38; tab. 1/CH; Houzar – Malý 2002, 11–56). Pri riešení problematiky proveniencie medenej suroviny na Morave v dobe bronzovej nemôžeme popri štěpánovskom rudnom revíre obísť ani ložiská medi v Starom Ransku (k.ú. Krucemburk, okr. Havlíčkův Brod), ako i na území mesta Zlaté Hory v Jeseníkách (Salaš 1986, 156; 2005, 126–127; Salaš – Stránský – Winkler 1993, 71). Na obidvoch spomenutých lokalitách z hľadiska medeneho zrudnenia opäť prevažuje chalkopyrit (Cambel – Jarkovský 1974, 32–33, tab. 5a; 60–61, tab. 13a). Banský revír Starého Ranska, situovaný v západnej časti Českomoravskej vrchoviny (obr. 1: 4), patrí z pohľadu geologického členenia do ranského gabro-peridotitového masívu, ležiacom na rozhraní moldanubika, kutnohorsko-svrateckého kryštalínika a bohemia (Mísař et al. 1974). Medenú mineralizáciu charakterizujú dva typy zrudnenia: Ni-Cu na ložisku Řeka a Cu-Zn vyvinutá v hĺbke 80–200 metrov, ktorá bola zrejme pre prehistorické populácie nedostupná (Holub et al. 1992, 20–25, fig. 8C).

Zlatohorský banský revír, známy najmä stredovekou ťažbou zlata, leží v Zlatohorskej vrchovine v českej časti historického Sliezka (obr. 1: 5). V devonských horninách vrbské skupiny pri východnom okraji Českého masívu sa popri Au-mineralizácii vyvinuli i medené rudy, tvorené podobne ako na predchádzajúcich moravských lokalitách chalkopyritom (Fojt – Večera 2000; Fojt – Hladíková – Kalenda 2001).

Mimo územia Českomoravskej vrchoviny ako i Jeseníckej oblasti nachádzame ďalšie ložiská medi v západných a stredných Čechách, najmä však v západnej časti severných Čiech (Augustýnová 2016a, 8–14; Blažek – Ernée – Smejtek 1998, 18–33; Jiráň 2000; Kytlicová 2007, 222–223). Západočeské zdroje medenej suroviny v pohorí Český les poznáme najmä z lokalít Mutěňín, Svržno u Hostouně a Mariánské Lázně (obr. 1: 6; Bašťová – Bašta 1991, 53–59; Čujanová – Prokop 1968, 314–322, obr. 1–3). Zrudnenie vyvinuté pozdĺž českého kremenného valu, prebiehajúcom medzi moldanubikom Českého lesa a domažlickým kryštalínikom, tvoria hydrotermálne žily budované chalkopyritom s vyvinutou oxidačnou zónou (Chmelíková 2014, 19–22; Chytráček 1992, 62–63). Objavy viacerých hromadných nálezov kovových predmetov s obsahom zliatkov z vyššej polohy Plešivec v obci Jince – Rejkovice (okr. Příbram) otvorili aj otázku využitia miestnych stredočeských výskytov medenej rudy (obr. 1: 7; Chvojka 2010, 118; Korený – Novák 2004, 294–296; Korený – Frána – Fikrle 2011, 259; Krušinová – Korený 2011; Kytlicová 1976, 108–109; 1982, 392; Sklenář 1987, 271; Smejtek 1987, 352; Waldhauser 1987, 290, obr. 5). Z historických období zmienime ťažbu polymetalických rúd s obsahom chalkozínu a chalkopyritu v katastri obce Vrančice neďaleko Příbrami (Hanuš 1956; Hyršl 1992).

Pravdepodobne najznámejšiu oblasť na území dnešnej Českej republiky, spájanú s exploataciou rúd v dobe bronzovej, tvorí pohorie Krušné hory spoločne s územím historickej krajiny Vogtland. Obidva regióny, známe početnými montánnymi pamiatkami, ležia na hranici severozápadných Čiech a Saska (obr. 1: 8). Okrem získavania cínu (*Bartelheim – Niederschlag – Rehren 1998*, 226–227; *Beneš 1970*; *Bouzek – Koutecký – Simon 1989*; *Nielsen 2014*, 182–184) sa v spomenutej oblasti predpokladala aj prehistorická ťažba medenej suroviny. Dôvodom k uvedeným úvahám boli hlavne doklady osídlenia lužickej a štítarskej kultúry, zistené vo vyšších nadmorských výškach v tesnej blízkosti ložísk cínových a medených rúd, mimo nížinnú agrárnu sídliskovú oblasť (*Blažek – Černá – Velímský 1995*, 466–468; *Herker 2005*, 174; *Christl 1989*, 396–397; 2004, 39; *Christl – Simon 1995*, 449–458; *Půlpán – Blažek 2014*, 87–88). Najrozšírenejší typ zrudnenia tvoria hydrotermálne žily vo forme chalkopyritu, menej tetraedritu, dobývané popri striebre a olove najmä v období stredoveku a staršieho novoveku (*Bartelheim – Niederschlag 1998*; *Baumann – Kuschka – Seifert 2000*).

Pri zhrnutí poznatkov o ťažbe medi v dobe bronzovej v oblasti Českého masívu môžeme konštatovať, že z uvedeného územia nepoznáme doposiaľ priame doklady exploatacie suroviny v podobe aspoň čiastočne dochovaných banských diel (pingy, štólne atď; *Stöllner 2008*, 4–7). Doložené nie sú ani kamenné mlaty, resp. palice, slúžiace na ťažbu a drvenie rudy (viď *Točík – Bublová 1985*, 84–106, obr. 18–29; 34–36). Spomenuté artefakty v tvare kamenných mlatov poznáme z niektorých sídlisk či pohrebísk (*Augustýnová 2016b*, 69–71, obr. 1; *Tihelka 1966*; *Turek – Daněček 2000*), ale doposiaľ chýbajú z opisovaného česko-saského či moravsko-sliezkeho priestoru priamo z predpokladaných miest prehistorickej ťažby. Významný komponent, súvisiaci od strednej doby bronzovej po dobu halštatskú priamo s ťažbou medenej rudy, predstavujú špecializované hutnícke zariadenia (nem. Kupferschmelzplatz; *Presslinger – Wallach – Eibner 1988*). Z oblasti českých krajín spomenuté zariadenia výskum zatiaľ nedoložil, čo však podobne ako doklady priamych reliktov po ťažbe môžeme pripísať aj stavu bádania.

S exploatovaním medenej suroviny v Krušných horách bola spájaná i existencia trosky a fragmentov zo steny pece pochádzajúce zo sídliskovej vrstvy mladšej unětickej kultúry na lokalite Velké Žernoseky (okr. Litoměřice). Podľa publikovaných informácií troska s dominantným podielom železa obsahovala aj oxidy medi a vytavená mohla byť z chalkopyritových rúd alebo chalkozínu (*Zápotocký 1982*, 386, 391, 395–396, obr. 16: 1, 2). Moderné chemické a izotopové analýzy medených rúd, vykonané na vzorkách z Krušných hôr a artefaktoch unětickej kultúry, ukázali, že v staršej dobe bronzovej krušnohorské medené zdroje veľmi pravdepodobne využívané neboli (*Jirář et al. 2008*, 49; *Niederschlag et al. 2003*, 94–96). Naopak, v súvislosti s výsledkami spektrálnej analýzy z keltského pohrebiska Jenišův Újezd (*Christl 2004*, 39; *Krutzký 1978*, 214), a najmä výsledkami rozboru medenej rudy z objektu 122/78 odkrytom na sídlisku z obdobia Ha D – LT D na lokalite Radovesice predpokladá J. Waldhauser využívanie spomínaných zdrojov rudy záverom doby halštatskej, a najmä v dobe laténskej, nakoľko spomenutý objekt bol datovaný do stupňa LT C2 (*Waldhauser 1985*, 50–63, obr. 3–4). Uvedený poznatok nevyklučujú ani nálezy stôp po laténskom zhutňovaní medi z neďalekého Durínska (*Böhme 1997*, 145–146). Ak vezmeme do úvahy závery J. Waldhausera o získavaní medi v Krušných horách od záveru doby halštatskej, nemôžeme napriek absencii priamych či nepriamych dôkazov zodpovedne vylúčiť, že meď bola dobývaná už v staršej dobe bronzovej a neskôr i v období

popolnicových polí. V nasledujúcich kapitolách sa preto budeme stručne zaoberať aj otázkou možného pôvodu časti medených zliatkov v depotoch z Blučiny a Borotína z banských regiónov v Krušných horách a priľahlého Vogtlandu. Nakoľko zatiaľ chýbajú chemické a izotopové analýzy medených rúd z vyššie spomínaných českých a moravsko-sliezskych montánných revírov, upriamili sme vzhľadom na nález chalkopyritu v depote z Borotína výber potencionálnych miest prehistorickej ťažby okrem oblasti Krušných hôr, historického Vogtlandu a stredočeského regiónu Příbramska (Vrančice) aj na štěpánovský rudný revír, ležiaci na Českomoravskej vrchovine.

Východné Alpy

Medené ložiská Východných Álp súvisia najmä s existenciou tzv. grauwacken zóny (nem. Grauwackenzone), prebiehajúcej v úzkom páse (šírka max. 25 km) približne v JZ–SV smere od oblasti Arlbergu na hranici Vorarlberska a Tirolska prakticky až po Viedenskú kotlinu (obr. 1: 9–15). Zmienená geologická zóna, budovaná horninami paleozického veku, leží medzi Centrálnymi Alpami a Severnými vápencovými Alpami (Schönlaub 1980, 265–267). Pre našu problematiku významné medené zrudnenie v oblasti grauwacken zóny tvorí dominujúci chalkopyrit, ale poznáme aj rozsiahle ložiská tetraedritu (Tropper – Krismer – Baumgarten 2015, 22–25, Abb. 6). V súvislosti s výskytom medi pozdĺž spomenutej geologickej jednotky vznikali v jednotlivých častiach Východných Álp už od staršej (revír Mitterberg), ale najmä od strednej doby bronzovej viaceré, zrejme samostatne fungujúce ťažobné okrsky, ktoré mali pre produkciu a distribúciu medenej suroviny v prehistorickej strednej Európe zásadný význam (Stöllner 2009, 40–53, Abb. 1).

Najznámejší alpský praveký ťažobný revír s tradíciou bádania už od 19. storočia (Much 1879; Zschocke – Preuschen 1932) predstavuje región lokality Mitterberg (k. ú. Mühlbach am Hochkönig, Bischofshofen a St. Johann) v údolí rieky Salzach v oblasti Salzburgu (obr. 1: 9). Chalkopyritové zrudnenie vyvinuté v bridliciach odlišného geologického veku (Weber – Pausweg – Medwenitsch 1972, 139–146) je rozložené v troch samostatných okrskoch (severný, južný a východný revír). Unikátne doklady poznáme z južného revíru (žila Brandergang, lokalita Arthurstollen), kde prebiehala hlbinná ťažba ručným dobývaním za pomoci bronzových čakanov až do hĺbky 210 metrov. Do dnešných dní zachované priame doklady ťažby v podobe štôlní a rôznych baníckych chodieb priniesli aj dôkazy zaistenia stropu či stien pomocou drevenej výdrevy (Thomas 2009). Súčasťou výrobného procesu boli aj desiatky hutníckych zariadení (nem. Kupferschmelzplatz), situované na svahoch údolí v bližšej či väčšej vzdialenosti od rudných žíl (Stöllner et al. 2011, 114, Abb. 1). Dlhodobý záujem o chemický charakter rudy, polotovarov ako i finálnych artefaktov priniesol doklady o rozšírení medi typu Mitterberg na širšom území strednej Európy (Pernicka – Lutz 2015, 108–109, Abb. 2). Opísané nálezové situácie v oblasti Mitterbergu predstavujú unikátny doklad hlbinného získavania minerálnych surovín v dobe bronzovej a umožňujú urobiť si predstavu o ťažbe a následnom spracovaní medi v strednej Európe (Stöllner 2015, 184, Abb. 17).

Na juh od regiónu Mitterberg, na hornom toku rieky Salzach v okolí obce Sankt Veit am Pongau, evidujeme ďalšie územie s produkciou medi v dobe bronzovej (obr. 1: 10). Zo zmienenej oblasti poznáme niekoľko štôlní so stopami po prehistorickej ťažbe chalkopyritu a tetraedritu, ako i pozostatky hutníckych zariadení, datované od konca staršej do začiatku

neskorej doby bronzovej (*Krauß 2015*, 188–193, Abb. 3, Tab. 1; *Shennan 1995*; *Stöllner 2009*, 41–42, Abb. 3). Vnútroalpiskú dolinu rieky Salzach uzatvára región Pinzgau s kotlinou Saalfelden (*obr. 1: 11*). Najvýznamnejšie praveké banské revíre ležia v katastroch obcí Leogang a Viehhofen s ťažiskom využívania najmä v strednej a mladšej dobe bronzovej (*Krauß 2004*, 841; *Pausweg 1976*, 127; *Preuschen – Pittioni 1956*, 271). Z medenej mineralizácie význam pre dobu bronzovú predstavoval chalkopyrit (Viehhofen; *Lutz et al. 2010*, 145).

Západne od údolia rieky Salzach, v severovýchodnom Tirolsku ležia obce Kitzbühel a Jochberg (*obr. 1: 12*). Priame doklady po ťažbe, aké poznáme napríklad z Mitterbergu, neboli do súčasnosti modernými metódami odkryté. Pomerne dlhú tradíciu má však výskum hutníckych zariadení (ca 40 polôh) a reliktov spracovateľských hald (*Preuschen – Pittioni 1937*). Chalkopyritová ruda (*Pesta 1937*) bola ťažená a na mieste ďalej spracovaná minimálne od strednej doby bronzovej (*Goldenberg 2004*, 174; *Koch Waldner – Klauzner 2015*, 169, Abb. 6).

Popri Mitterbergu druhý najvýznamnejší východoalpiský región, známy predovšetkým produkciou striebra v stredoveku, nachádzame v severnom Tirolsku. Zmiený rudný revír predstavuje územie dolného toku rieky Inn s prilahlými bočnými údoliami situovanými medzi obcami Schwaz a Brixlegg (*obr. 1: 13*). Medené zrudnenie vo forme tetraedritu je lokalizované prevažne v miestnych dolomitoch a vystupuje do povrchových zón (*Krismer et al. 2011*, 935–936; *Krismer – Tropper 2013*, 17–23). Vo viacerých banských revíroch (Mauken, Mooschrofen, Silberberg, Reither Kogel) boli dokumentované prehistorické dobývky, pingové polia, úpravnicke a hutnícke zariadenia, ktoré boli datované do neskorej doby bronzovej až staršej doby železnej (*Goldenberg 2015*, 114–117, Abb. 38–39; *Goldenberg – Rieser 2004*, 39–44; *Rieser – Schratenthaler 2004*, 78–92, Abb. 3). Najvýraznejší rozdiel oproti vyššie opísaným susedným ťažobným regiónom v oblasti Východných Álp (Mitterberg, Kitzbühel) zisťujeme v prípade oblasti Schwaz/Brixlegg v časovom zaradení počiatku jeho využívania. Chemická signatúra tetraedritovej medi pochádzajúca z analyzovaného regiónu sa objavuje podľa súčasného stavu bádania v širšej prialpskej oblasti až od stupňa Ha A1 (*Pichler et al. 2013*; *Sperber 2004*, 312–329, Abb. 7).

Geograficky najbližšie k územia Moravy sa nachádzajú východoalpiské banské regióny ležiace na území spolkových krajín Štajersko a Dolné Rakúsko. V oblasti Horného Štajerska, v jednotlivých údoliach Źelezorudných Álp (nem. Eisenerzer Alpen), evidujeme celkove osem pravekých banských okrskov (*obr. 1: 14*). Źažený a zhuťňovaný bol najmä chalkopyrit, v menšej miere tetraedrit (*Kraus – Klemm – Pernicka 2011*, 117; *Presslinger – Eibner 2004*, 64–68, Abb. 4). Pozornosť bola venovaná najmä problematike hutníctva medenej rudy, menej úpravníckym sídliskám a priamym dokladom Źažby s datovaním od strednej doby bronzovej do staršej doby železnej (*Klemm 2003*; *2015*, 195–197, Abb. 1, 2). Problematika Źažby medenej rudy v Dolnom Rakúsku je spojená s výskumom lokalít Prein an der Rax (k. ú. Reichenau an der Rax) a Priggwitz-Gasteil v údolí rieky Schwarza pretekajúcej juhovýchodným okrajom Severných vápencových Álp (*obr. 1: 15*; *Hampl – Mayrhofer 1958*). Priame stopy po Źažbe miestneho chalkopyritu sa však do súčasnosti nepodarilo odkryť (*Trebsche 2015a*, 209–211). Časové zaradenie sídlisk s dokladmi zhuťňovania zodpovedá neskorej dobe bronzovej (stupeň Ha B). Nie je možné zodpovedne vylúčiť, že ďalšie plánované bádanie prinesie aj staršie doklady spracovania medenej rudy v uvedenom regióne (*Trebsche 2015b*, 55–56).

Západné Karpaty

V porovnaní s východoalpskou oblasťou z územia Západných Karpát nedisponujeme dôkazmi o ťažbe a spracovaní medenej suroviny v dobe bronzovej s rovnakou výpovednou hodnotou. I napriek uvedenému nedostatku staršie výskumy, ako i výsledky bádania z posledných rokov nám umožňujú vyjadriť sa v spomenutom regióne k sledovanej problematike. Všeobecne známe a odbornou verejnosťou akceptované doklady prehistorickej ťažby medenej rudy poznáme z lokality Špania Dolina, poloha Piesky. Kataster spomenutej stredoslovenskej obce leží na území Vnútorých Západných Karpát v Starohorských vrchoch (*obr. 1: 17*). Uvedený región odvodňuje stredný úsek toku rieky Hron. V zaniknutej baníckej obci Piesky (nem. Sandberg), patriacej do špaňodolinského rudného revíru, nachádzame medené zrudnenie v podobe dominantného tetraedritu vyvinuté v hydrotermálne zmenených pieskovochoch permského veku (*Michňová – Ozdín 2010, 72–76*). Pri sekundárnom spracovaní hlušiny zo stredovekých a novovekých hálď sa postupne od 60. rokov minulého storočia získavali kamenné mlaty s obežným žliabkom (*Liptáková 1973, 1–10*). Na základe početných nálezov spomenutých kamenných nástrojov prebehol v rokoch 1971 až 1973 záchranný archeologický výskum pod vedením Z. Liptákovvej (Slovenské banské múzeum v Banskej Štiavnici) a najmä A. Točíka z Archeologického ústavu SAV v Nitre. Prieskum ako i následná sondáž sledovali ťažbou narušené telesá hálď, ako i predpokladané pozostatky po prehistorickej ťažbe v priestore pod haldami (*Liptáková 1973, 1–10; Točík – Bublová 1985*). Pri výskume v sťažených podmienkach sa vo výnimočných prípadoch podarilo zachytiť úroveň pôvodného, rozsiahlou exploatáciou v čase Turzovsko-fuggerovskej spoločnosti z 15.–16. storočia nenarušeného terénu. Priame doklady ťažby a následného spracovania rudy v podobe pingy a torza kruhovej pece patrili však na základe stratigrafie, ako i sprievodného materiálu do stredoveku. Archeologický výskum A. Točíka i následné aktivity organizované formou povrchového prieskumu a zberu P. Žebrákom (*Žebrák 1986, 257*) priniesli iba nepriame doklady ťažby medi na lokalite v podobe početnej kolekcie kamenných mlatov (dnes už viac ako 300 ks) bez možnosti presnejšieho chronologického zaradenia. Za zmienku stoja tiež nálezy eneolitickej keramiky, brúsenej a štiepanej kamennej industrie, ako i atypických pravekých črepov pripomínajúcich keramiky zo staršej doby bronzovej a z obdobia lužickej kultúry (*Kvietok 2014, 9, obr. 11; Točík – Žebrák 1989, 73; Žebrák 1991, 37; 1995, 15*). Ojedinelý nález bronzovej dýky s jazykovitou rukoväťou s najbližšími analógiami v prostredí pilinskej kultúry, odkrytý v tesnej blízkosti miesta pravekej exploatácie, nás upozorňuje na prebiehajúcu ťažbu na Pieskoch aj v závere strednej a počiatkom mladšej doby bronzovej (*Zachar – Struhár 2017*). Úspešnejšie ako snahy o odkrytie pozostatkov po prehistorických dobývkach boli, podobne ako v minulosti (*Furmánek – Vladár 2002; Págo 1968; Pittioni 1957*), tak i v poslednom období realizované archeometalurgické analýzy, pozostávajúce zo vzájomného porovnania chemického a izotopového zloženia medenej rudy a archeologických artefaktov. Výsledky posledných meraní doložili využitie špaňodolinskej medi v období staršieho eneolitu, staršej doby bronzovej a veľmi pravdepodobne aj v období popolnicových polí (*Duberow – Pernicka – Krenn-Leeb 2009, 343–345, fig. 10–13; Modarressi-Tehrani – Garner 2015, 54–55, fig. 18–19; Schreiner 2007; 155–172, Abb. 7.7*).

Okrem špaňodolinského rudného revíru evidujeme starší nález kamenného mlatu so žliabkom v kontexte blízkeho výskytu medených rúd len z obce Španie Pole (okr. Rimavská

Depot	inv. č. zliatku	analýza (%)	Ni	Cu	As	Pb	Bi	Ag	Sb	Sn	Fe	Zn	Mg	Al	S	K	Ca	Mn
Blučina 1	57939	ICP-OES/ICP-MS	1.42	93.4	0.376	0.008	0.00017	0.00438	0.07	0.011	2.42	0.0027	LOD	0.0001	1	LOD	0.0004	0.000149
Blučina 1	57939	RFX	1.4155	89.4	4.35	0.0081	LOD	LOD	0.0357	LOD	2.66	LOD	0.0007	LOD	1.54	n	n	LOD
Blučina 1	57939	SA	1.15	94.9	0.75	0.005	LOD	0.001	0.09	0.12	2.4	LOD	n	0.4	n	n	n	stopa
Blučina 1	57941	ICP-OES/ICP-MS	0.027	96.6	0.021	0.34	0.039	0.0554	0.21	0.023	0.59	0.1606	0.0004	0.0011	0.83	0.0009	0.0012	0.0002
Blučina 1	57941	RFX	0.0244	97.3	LOD	0.1965	0.0151	LOD	0.1534	0.0092	0.7	LOD	0.0008	LOD	1.08	n	n	LOD
Blučina 1	57941	SA	0.28	97.5	0.048	0.27	0.025	0.09	0.25	0.04	0.75	0.25	n	0.35	n	n	n	stopa
Blučina 1	57942	ICP-OES/ICP-MS	0.297	95.4	0.167	0.0083	0.00035	0.0055	0.335	0.008	1.95	0.0041	0.0002	0.0008	0.95	LOD	0.0014	0.00021
Blučina 1	57942	RFX	0.2975	95	2.17	0.0094	LOD	0.00452	0.3232	LOD	2.09	LOD	n	LOD	n	n	n	LOD
Borotín	118622	ICP-OES/ICP-MS	0.0039	77.6	4.01	0.012	0.15	0.95	6.94	0.0008	0.06	0.008	0.0103	0.0495	6	0.0151	0.0658	0.0034
Borotín	118622	RFX	LOD	93	LOD	0.0174	0.0875	1.0219	5.24	LOD	0.06	0.1281	LOD	0.2934	LOD	n	n	LOD
Borotín	118622	SA	0.002	93.5	3	0.01	0.19	1.15	1.4	0.13	0.09	LOD	n	0.46	n	n	n	stopa
Borotín	118623	ICP-OES/ICP-MS	0.0087	72.7	3.93	0.018	0.2	0.775	17.9	0.0045	0.28	0.104	0.0026	0.0189	3	0.006	0.0076	0.0017
Borotín	118623	RFX	LOD	79.6	LOD	0.0139	0.1054	0.8472	17.9	LOD	0.29	0.1152	LOD	0.1566	LOD	n	n	LOD
Borotín	118623	SA	0.004	91.8	3.5	0.013	0.28	1	1.8	0.12	0.9	stopa	n	0.43	n	n	n	stopa
Borotín	118624	ICP-OES/ICP-MS	0.135	96.2	0.149	0.0043	0.002	0.0364	0.0007	0.009	0.65	0.0055	0.0003	0.0008	0.98	0.0021	0.0022	0.00007
Borotín	118624	RFX	0.1539	97.3	LOD	LOD	LOD	LOD	LOD	LOD	0.67	0.0533	LOD	0.3294	LOD	n	n	LOD
Borotín	118624	SA	0.28	97.7	0.27	0.003	LOD	0.06	LOD	0.065	1.15	LOD	n	0.38	n	n	n	stopa

Tab. 1. Výsledky chemickej analýzy medených zliatkov z depotov Blučina 1 a Borotín.

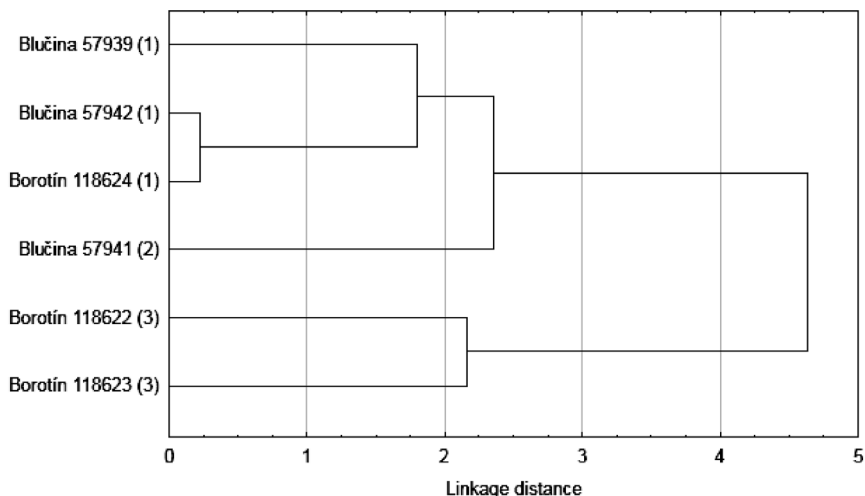
Tab. 1. The results of a chemical analysis of copper ingots from the Blučina 1 and Borotín hoards.

Sobota), situovanej v južnej časti Slovenského rudohoria (*obr. 1: 21; Furmánek 1987, 48, Abb. 12*). Zo širšieho okolia miesta stredovekej a novovekej ťažby v polohe Rézbanya pochádzajú nálezy juhovýchodných popolnicových polí, atypické praveké črepy, ako i brúsená kamenná industria najskôr z eneolitu (*Žebrák 1995, 15–16; Žebrák – Bednár 1992, 104*). Moderné chemické a izotopové analýzy medených rúd a artefaktov naznačujú, že využívané v dobe bronzovej mohli byť okrem vyššie spomenutých revírov aj ďalšie banské regióny v Západných Karpatoch. Konkrétne mohlo ísť o lokality Poniky (*obr. 1: 19; Bystrická vrchovina*) a Lubietová (*obr. 1: 20; Veporské vrchy*), ležiace východne od mesta Banská Bystrica (*Bátora – Stöllner – Cheben 2017; Schreiner 2007, 162–172*). Zodpovedne nemôžeme vylúčiť ani náleziská z oblasti Nízkyh Tatier (Dolná Lehota, Vyšná Boca, *obr. 1: 18; Duberow – Pernicka 2010, 52, Abb. 4*) a pohoria Malé Karpaty (Sološnica, *obr. 1: 16; Farkaš – Gregor 2013, 20*). Prehistorickú ťažbu v katastri Španieho Poľa, ako i vyššie uvedeníh lokalít v oblasti Západných Karpát, bude potrebné podložiť systematickým výskumom na poli montánnej archeológie ako aj väčším množstvom moderných archeometalurgických analýz. Rovnaké tvrdenie platí aj o ďalších západokarpatských medených ložiskách, ktorých exploataciu odborná archeologická literatúra nevyklučuje na základe evidencie lokalít či nálezov z doby bronzovej v blízkosti ich výskytu (napr. *Bátora 2009, 195–199, fig. 1; Furmánek 2005, 15–16; Pančíková 2008, 97–100*).

4. Chemická analýza a jej výsledky

Pre potreby chemickej analýzy šiestich kovových zliatkov, zastúpených v hromadných nálezoch z Blučiny 1 a Borotína, sme použili štandardnú analytickú metódu v podobe hmotnostnej spektrometrie s indukčne viazanou plazmou (ICP-MS) v kombinácii s výsledkami merania emisnej spektrometrie (ICP-OES; *dos Santos et al. 2005; Young et al. 1997*). Namerané hodnoty sme pre potreby verifikácie správnosti merania porovnali s údajmi získanými z XRF, ako aj spektrálnej analýzy uskutočnenej na vybranej vzorke na konci 80. rokov minulého storočia (*Koziorowska 1987*). Odber vzoriek prebiehal odvrácaním 1 g kovových pilín z vnútornej časti tela jednotlivých zliatkov s cieľom zamedziť kontaminácii pripovrchovými koróznymi vrstvami (*Ankner 1998, 159–161*).

Pri vzájomnom porovnaní opísaných troch analytických metód (*tab. 1*) môžeme konštatovať, že najpresnejšie výsledky z dôvodu rozkladu vzorky do roztoku priniesla analýza ICP-MS v kombinácii s ICP-OES. Pri využití metódy XRF pozorujeme problémy s výrazne odlišnou detekciou arzénu (vzorka Blučina 57939), resp. nedeckiou (LOD) zmieného chemického prvku. Podobný poznatok evidujeme aj pri niektorých vzorkách pri meraní zastúpenia elementov Ag, Sn, Zn (*tab. 1*). Schopnosť prístroja pri metóde XRF zachytiť presne jednotlivé prvky môže byť ovplyvnená charakterom rozlišovacích štandardov, presnosťou ich kalibrácie, použitým módom merania ako i celkovou hmotnosťou a typom vzorky (piliny či pevný kov; *Lutz – Pernicka 1996, 318*). Výsledky chemického zloženia zliatkov získané s využitím spektrálnej analýzy (*tab. 1; Koziorowska 1987*) predstavujú v našom súbore najmenej spoľahlivé údaje. U niektorých prvkov pozorujeme významné odchýlky (napr. antimón vo vzorkách Borotín 118622 a 118623; *tab. 1*) pri porovnaní s meraniami ICP-MS a XRF. Uvedené rozdiely korešpondujú s poznatkami získanými aj pri iných kontrolných meraniach (*Pernicka 1984, 524–527*).



Obr. 2. Dendrogram hierarchickej clustrovej analýzy chemických prvkov. Čísla v zátvorke (1–3) označujú jednotlivé clustre.

Fig. 2. Dendrogram of the hierarchic cluster analysis of chemical elements. The numbers in brackets (1–3) indicate individual clusters.

Pri základnom vyhodnotení výsledkov chemickej analýzy sledovaných kovových zliatkov môžeme v zhode s výsledkami predchádzajúcich meraní metódami INNA ako i SA konštatovať, že v prvkovom zložení kovových zliatkov zo sledovaných hromadných nálezov dominuje meď (93,4–97,7 % Blučina 1; 72,7–96,2 % Borotín), chemicky znečistená ďalšími prvkami (Frána *et al.* 1997, 16, 20–21, 119–125, 128–130, 161–163; Salaš – Stránský – Winkler 1993, 61–72). Nízke zastúpenie cínu (max. 0,023 %; *tab. 1*) vo všetkých analyzovaných vzorkách naznačuje, že zliatky obsahujú meď bez zámerného legovania medenej suroviny cínom (Tylecote 1976, 157–171). Identické chemické zloženie medených zliatkov absentujúce intencionálnu prísadu cínu povrdili aj analýzy, vykonané v susedných oblastiach (Czajlik – Sölymos 2002, 319–324; Gruber – Presslinger 1983, 1255; Frána – Jiráň 1996, 101–102; Frána *et al.* 1995, 168–169). Pre problematiku proveniencie medenej suroviny na Morave je dôležité podotknúť, že analyzované medené zliatky zo súborov Blučina 1 a Borotín nevznikli recykláciou bronzových artefaktov, ale predstavujú primárne produkty metalurgie medi. Na možnosť pretavovania bronzových zlomkov poukazujú zliatky s ešte viditeľnými, nekompletne roztavenými bronzovými predmetmi na povrchu, ako aj koláče s obsahom cínu (Mozsolics 1985, 24–27, Taf. 5–6; Pernicka – Mehofer 2013, 42). U analyzovaných zliatkov však môžeme tento prípad vylúčiť (*tab. 1*).

Pri stanovení základných materiálových skupín sledovaných medených zliatkov sme i napriek malému počtu vzoriek využili hierarchickú clustrovú analýzu.¹ Do clustrovej ana-

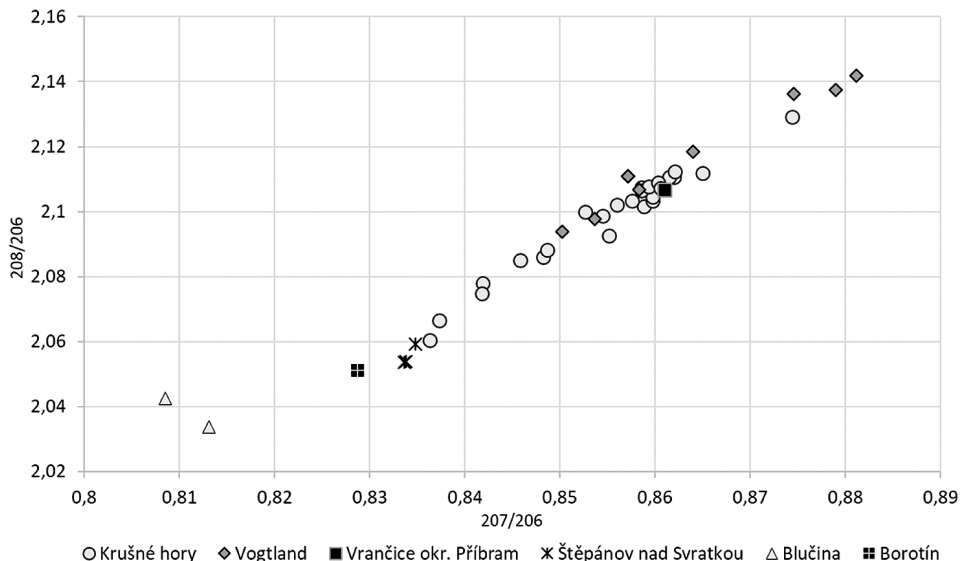
¹ Autori príspevku si uvedomujú fakt, že počet analyzovaných vzoriek je príliš nízky. Je to dané predovšetkým finančnou a časovou náročnosťou aplikovaných analýz. Ide o prvé výsledky metodicky relevantných a komparácie schopných analýz k proveniencii medenej suroviny v dobe bronzovej v českých krajinách. Autori preto považujú za vhodné predložiť ich k diskusi. Rovnakou metodikou budú postupne analyzované ďalšie súbory medených zliatkov a vzorky rúd z územia Moravy.

lýzy sme zaradili sedem elementov (Ni, As, Pb, Bi, Ag, Sb), vrátane medi. Hodnoty prvkov sme pre lepšiu vzájomnú porovnateľnosť normovali na 100 % Cu. Pre potreby clustrovania sme použili štandardnú metódu skupinového zhľukovania (*Christoforidis – Pernicka 1988; Krause 2003*, 14–29). Výsledný dendrogram umožnil vyčleniť tri clustre (*obr. 2*). Vzájomný vzťah prvkov Ni, As, Ag a Sb v jednotlivých clustroch umožňuje špecifikovať základné materiálové skupiny, rozšírené v dobe bronzovej v strednej Európe (*Pernicka 1999*, 169; *Pernicka – Mehofer 2013*, 42; *Rychner – Klantschi 1995*, 27–29; *Sperber 2004*, 317, Tab. 1; *Trampuž-Orel 1995*, 204–208). Cluster 1 (*obr. 2*), zastúpený dvomi zliatkami z depotu Blučina 1 a jedným kusom z Borotína (inv. č. 118624), predstavuje chemickým zložením (Ni>As>Sb>Ag, As>Ni>Ag>Sb, Sb>Ni>As>Ag) med' blízku tzv. východoalpskému typu, ktorej pôvod pochádza z chalkopyritových rúd (*Duberow – Pernicka – Krenn-Leeb 2009*, 342, Tab. 2; *Pernicka – Mehofer 2013*, 42, 54, Tab. 3). Zliatok č. 57941 z Blučiny 1 predstavuje hypotetický cluster 2 (*obr. 2*). Výrazným zastúpením antimónu a striebra (Sb>Ag>Ni>As) sa zreteľne odlišuje od predošlých dvoch zliatkov zo spomenutého súboru a naznačuje pôvod medi z tetraedritu. Cluster 3 (*obr. 2*) tvoria dva zvyšné zliatky z Borotína s podobne dominantnou prítomnosťou antimónu, ale odlišným zastúpením sledovaných elementov (Sb>As>Ag>Ni). Vysoký obsah prvku Sb poukazuje na pôvod týchto zliatkov v tetraedritovej rude (*Pernicka – Lutz 2015*, 107–109).

5. Diskusia k pôvodu medi

Pri určení proveniencie medenej suroviny, použitej na odliatie medených zliatkov odkrytých v obsahu depotov Blučina 1 a Borotín, sme použili kombináciu vzájomného porovnania chemického zloženia ingotov v podobe vyššie prezentovaných clustrov a metódy analýzy stabilných izotopov olova. V prípade medených koláčov považujeme za dôležité najmä prvky Ni, Ag a Bi, ktoré sú pri rôznych hutníckych procesoch vedúcich k vzniku analyzovaného typu artefaktu na rozdiel od elementov As a Sb stabilné (*Pernicka 1999*, 169–170, tab. 1). Základ metódy, využívajúcej pri determinácii pôvodu suroviny kovu analýzu stabilných izotopov olova (^{207/206}Pb, ^{208/206}Pb, ^{206/204}Pb, ^{207/204}Pb), tvorí poznatok, že pri zhutňovaní rudy ako aj pri ďalších metalurgických procesoch (legovanie, odlievanie, pretavovanie atď.) výsledný kov nemení hodnoty prvotných izotopov, a teda je možné ho porovnať s pôvodným rudným ložiskom, z ktorého bol získaný (*Gale – Stos-Gale 2000*). Stabilné izotopy olova, zachované v medenej rude, boli determinované pomocou multikolektorového hmotnostného spektrometra s indukčne viazanou plazmou (MC-ICP-MS; *Baker – Stos – Waight 2006; Segal – Halicz 2005*).

V predchádzajúcej kapitole sme uviedli, že dva medené zliatky z depotu Blučina 1, ako aj zliatok č. 118624 z Borotína, patriace do clustra 1 (*obr. 2*), boli vytavené z medenej rudy tvorenej chalkopyritom. V súvislosti s problematikou využívania miestnych, teda českých a moravsko-sliezskych medených ložísk v mladšej dobe bronzovej, sme porovnali hodnoty stabilných izotopov olova analyzovaných ingotov s už publikovanými údajmi niektorých významných ložísk chalkopyritu v česko-saskom pohraničí (Krušné hory, Vogtland) a stredných Čiech (Vrančice na Příbramsku; *Niederschlag et al. 2003*, 79–81, tab. 5). Vzhľadom na nález chalkopyritovej rudy v súbore z Borotína (*Přichystal – Obr 1986*) bola vykonaná analýza stabilných izotopov olova aj na troch vzorkách chalkopyritu zo štěpánovského

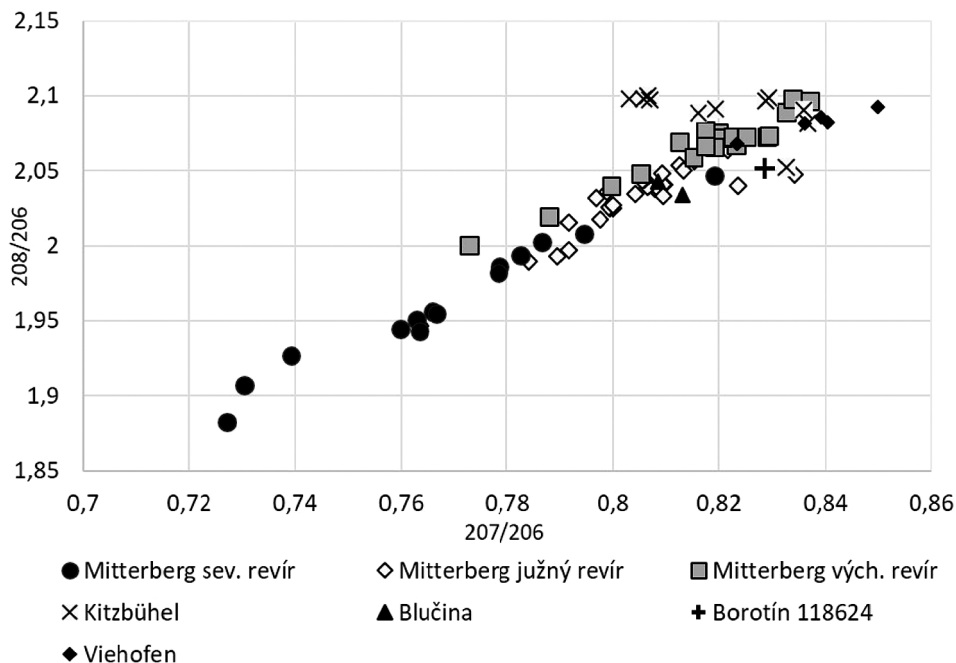


Obr. 3. Porovnanie stabilných izotopov olova jednotlivých regiónov v Českom masíve s hodnotami zliatkov z Blučiny 1 a Borotína. Podľa *Niederschlag et al. 2003*.

Fig. 3. A comparison of the stable isotopes of lead from individual regions in the Bohemian massif with the values of ingots from Blučina 1 and Borotín. After *Niederschlag et al. 2003*.

rudného revíru (k. ú. Štěpánov nad Svratkou), situovanom vo východnej časti Českomoravskej vrchoviny. Z porovnania stabilných izotopov olova vyplýva (obr. 3), že ložiská chalkopyritu z Krušných hôr a Vogtlandu z dôvodu výrazne odlišných izotopových signatúr netvorili zdroj medenej suroviny pre zliatky deponované v hromadných nálezoch Blučina 1 a Borotín. Rovnaké tvrdenie platí aj o menších náleziskách medi v okolí obcí Vrančice (okr. Příbram) a Štěpánov nad Svratkou (obr. 3). Výsledky izotopových analýz potvrdili v prípade rúd zo štěpánovského revíru aj predbežné chemické analýzy (XRF) chalkopyritových rúd, ktorých normované hodnoty sa vyznačujú nižším zastúpením Ni (< 0,052 %; pozri tiež *Malý 2000*, 155–156, tab. 2) oproti zliatku z Borotína (0,139 % Ni; tab. 1). Ako sme už uviedli vyššie, nízke počty vzoriek rúd (max. 3), použitých na analýzu sledovaných izotopov, ako i chemického zloženia metódou XRF, predstavujú štatisticky málo signifikantný súbor (*Baxter – Beardah – Westwood 2000*, 978–979; viď pozn. 1). Definitívne vylúčenie najmä štěpánovského rudného regiónu ako potenciálneho ložiska medenej suroviny pre mladšiu dobu bronzovú aj z dôvodu relatívnej blízkosti hodnôt izotopov zo vzorku Borotín 118624 bude potrebné overiť ďalšími analýzami (obr. 3).

Významné ložiská chalkopyritu mimo územia Českého masívu, preukázateľne fažené v mladšej dobe bronzovej, poznáme z územia Východných Álp. Zverejnenie posledných chemických a izotopových analýz medených rúd nám umožňuje medené zliatky z clustra 1 (obr. 2) porovnať s dobre preskúmanými východoalpškými bankskými revírmi v oblasti Mitterbergu, Kitzbühlu/Kelchalm a oblasti Pinzgau (*Pernicka – Lutz – Stöllner 2016*, 48–54, tab. 3–5). Graf vzájomného vzťahu stabilných izotopov umožňuje vysloviť tvrdenie, že za zdroj medenej suroviny oboch zliatkov z Blučiny môžeme považovať región Mitterberg

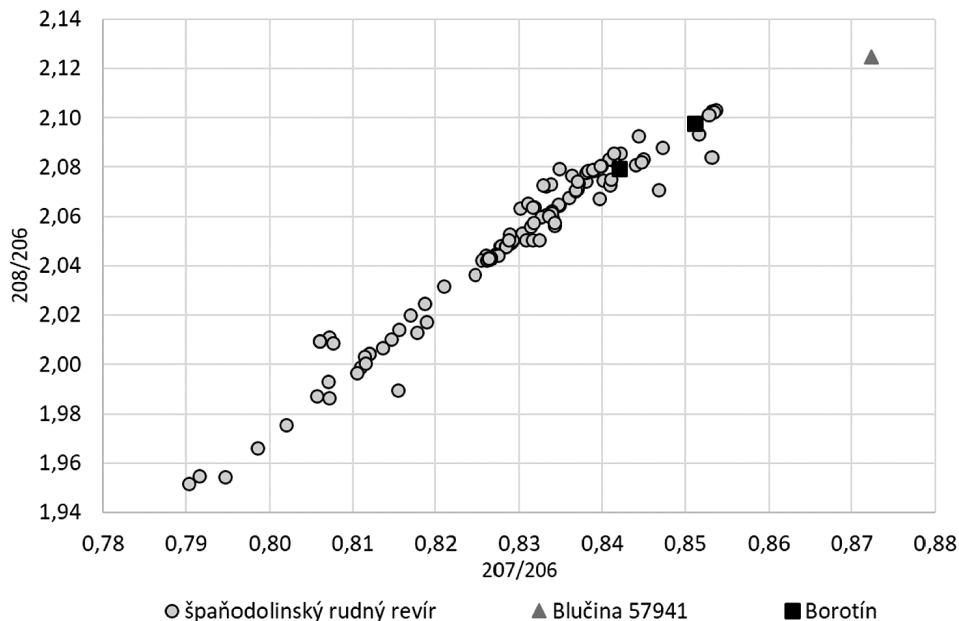


Obr. 4. Porovnanie stabilných izotopov olova jednotlivých regiónov vo Východných Alpách s hodnotami zliatkov z Blučiny 1 a Borotína. Podľa *Pernicka – Lutz – Stöllner 2016*.

Fig. 4. A comparison of the stable isotopes of lead from individual regions in the Eastern Alps with the values of ingots from Blučina 1 and Borotín. After *Pernicka – Lutz – Stöllner 2016*.

(obr. 1: 9; 4). Z troch samostatných banských okrskov zo sledovanej oblasti izotopová analýza preukázala najbližšiu príslušnosť k južnému revíru (obr. 4), konkrétne k žile Brander-gang so známymi dokladmi hlbinej ťažby na žile Arthurstollen. Príslušnosť zliatkov k medi typu Mitterberg nevyklúčila ani chemická analýza, kde zisťujeme hodnoty Ni a Ag prakticky zhodné. Vylúčiť môžeme pôvod suroviny medených zliatkov z hromadného nálezu Blučina 1 zo severného (Hauptgang) a východného (Buchberggang, Winkelgang) revíru na území regiónu Mitterberg. Rovnaký poznatok môžeme vysloviť aj o susedných oblastiach Pinzgau (ložisko Viehofen) a Kitzbühel-Jochberg.

O niečo komplikovanejšie je určenie primárneho zdroja medi pri zliatku číslo 118624 z Borotína. Zistená hodnota stabilného izotopu olova neodpovedá regiónu Mitterberg, ale ani susedným ložiskám Kitzbühel-Jochberg a Viehofen (obr. 4), čo potvrdili i výsledky chemickej analýzy pri porovnaní hodnôt Ni a Ag. Pôvod medenej suroviny sledovaného zliatku z Borotína i napriek absencii priameho prekryvu nameraných hodnôt stabilných izotopov predpokladáme v oblasti Východných Álp. Naznačuje to okrem nie veľmi vzdialených hodnôt izotopov olova (obr. 4) najmä vzájomný vzťah chemických prvkov (tab. 1; $As > Ni > Ag > Sb$) typický práve pre med' východoalpského typu (*Duberow – Pernicka – Krenn-Leeb 2009*, 342, Tab. 2; *Pernicka – Lutz 2015*, 109–110). Uvedené konštatovanie nevyklučuje ani blízke chemické zloženie k zliatku číslo 57942 z Blučiny 1, prezentované v clustri 1 (obr. 2). Na vysvetlenie opísaných odlišností môžeme ako príčinu predbežne

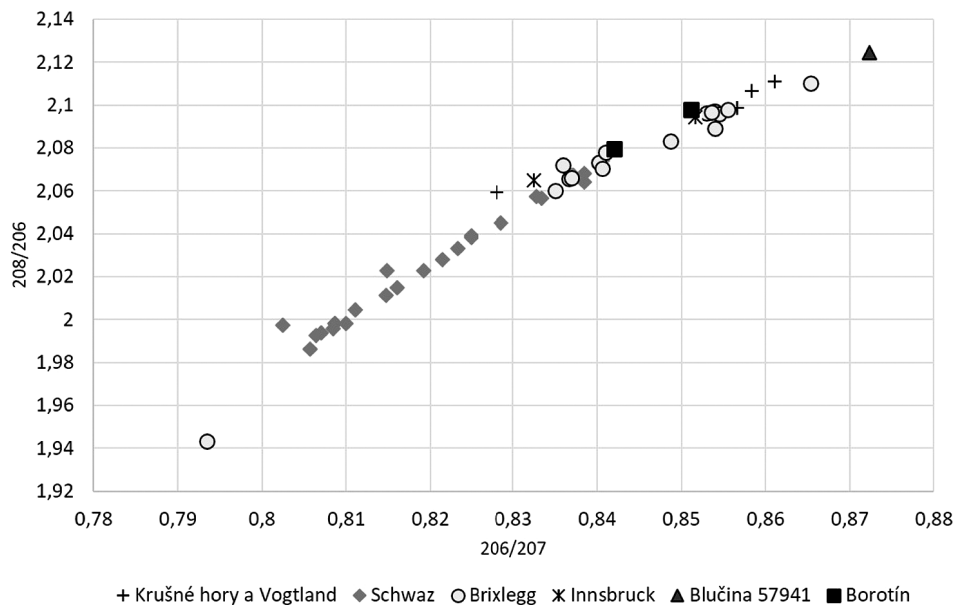


Obr. 5. Porovnanie stabilných izotopov olova z regiónu Španej Doliny s hodnotami zliatok z Blučiny 1 a Borotína. Podľa Schreiner 2007.

Fig. 5. A comparison of the stable isotopes of lead from the Špania Dolina region the values of ingots from Blučina 1 and Borotín. After Schreiner 2007.

uviesť zmiešanie medenej suroviny z jedného či viacerých zdrojov (Lutz 2016, 348–349, Abb. 12–13; Pernicka – Lutz – Stöllner 2016, 33–34, fig. 14), prípadne chýbajúce izotopové ako i chemické analýzy ďalších východoalpských medených ložísk s dominantným zastúpením chalkopyritu (napr. v Štajersku a Dolnom Rakúsku; obr. 1: 14, 15).

Cluster číslo 2 predstavuje zliatok z hromadného nálezu Blučina 1 označený inventárnym číslom 57941 (obr. 2). Ako sme sa už zmienili v predchádzajúcej kapitole, dominantné zastúpenie antimónu a striebra (Sb>Ag>Ni>As; tab. 1) umožňuje označiť za primárnu rudu tetradrit. Pri pohľade na hodnoty stabilných izotopov olova je zrejme (obr. 6), že početné tetradritové ložiská lokalizované v oblasti Východných Álp na dolnom toku rieky Inn v Tirolsku (Schwaz/Brixlegg), ako i menšie náleziská v Krušných horách a na území Vogtlandu veľmi pravdepodobne netvorili zdroj medenej suroviny pre analyzovaný zliatok. Uvedený poznatok opäť otvára problematiku distribúcie medenej suroviny z geograficky blízkej oblasti Západných Karpát na územie Moravy v období mladšieho praveku (Págo 1968, 252–253; Salaš 1986, 157). Konkrétne do úvahy pripadá najmä oblasť Španej Doliny ležiaca na strednom Pohroní (obr. 1: 17). Z grafu stabilných izotopov olova však pozorujeme, že zliatok č. 57941 nespĺňa podmienky pre priradenie k rudám španěldolinského rudného revíru (obr. 5). Veľký rozptyl izotopových hodnôt môže byť spôsobený aj efektom radiogenného olova (Schreiner 2007, 61). Vzhľadom na minimálny počet vzoriek nechávame problematiku výskytu medi z oblasti Španej Doliny na území Moravy v mladšej dobe bronzovej naďalej otvorenú.



Obr. 6. Porovnanie stabilných izotopov olova oblasti Krušných hôr a Vogtlandu a regiónu Schwaz/Brixlegg s hodnotami zliatkov z Blučiny 1 a Borotína. Podľa *Niederschlag et al. 2003; Höppner et al. 2005*.
 Fig. 6. A comparison of the stable isotopes of lead from the Ore Mountains and Vogtland and the Schwaz/Brixlegg region with the values of ingots from Blučina 1 and Borotín. After *Niederschlag et al. 2003; Höppner et al. 2005*.

Posledný vyčlenený cluster číslo 3 reprezentujú dva medené zliatky z depotu odkrytého v Borotíne (obr. 2). Výrazné zastúpenie antimónu poukazuje na pôvod suroviny v tetraedritovej rude (tab. 1). Stabilné izotopy olova v prípade obidvoch zliatkov umožňujú hľadať zdroj rudy v Tirolsku v banskom revíri Schwaz/Brixlegg, ako aj v Západných Karpatoch v oblasti Španej Doliny (obr. 5; 6). Zliatky z Borotína však svojim chemickým zložením neodpovedajú rudám zo špaňodolinského rudného revíru, čo potvrdzuje najmä zastúpenie hodnôt Ni a Ag (tab. 1; viď *Schreiner 2007*, 231). Hodnoty sledovaných elementov z analyzovaných zliatkov dobre korelujú s poznatkami o prvkovom zložení medených rúd z dolného toku rieky Inn v rakúskom Tirolsku (Ni <0,1 %, Ag 0,5–1 %, Bi 0,05–0,2 %; *Pernicka – Lutz 2015*, 109). Provenienciu medenej suroviny v zliatkoch č. 118622–118623 z hromadného nálezu v Borotíne hľadáme preto v početných výskytoch tetraedritových rúd vo východoalpском rudnom revíri Schwaz/Brixlegg (obr. 1: 13).

6. Záver

Chemická analýza šiestich medených zliatkov z hromadných nálezov Blučina 1 a Borotín (obr. 1: 1, 2; tab. 1) v kombinácii s analýzou stabilných izotopov olova priniesla počtom vzoriek menej reprezentatívne, ale celkovými výsledkami o to prínosnejšie poznatky o distribúcii medeného kovu v mladšej dobe bronzovej na Morave. Provenienciu medenej

suroviny dvoch ingotov vytavených z chalkopyritovej rudy z depotu Blučina 1 (*obr. 2, cluster 1; tab. 1*), patriacom do eponymného horizontu Blučina (B D1), sme určili v oblasti Východných Álp. Zdroj medenej mineralizácie sme identifikovali v početných ložiskách chalkopyritu v regióne Mitterberg, konkrétne v južnom ťažobnom okrsku (*obr. 1: 9; 4*). Pôvod suroviny časti zliatkov zo sledovaného súboru môžeme spojiť s lokalitou Arthurstollen na žile Brandergang, kde od staršej po mladšiu dobu bronzovú prebiehalo hlbinné dobývanie medi (*Stöllner 2015, 102, Abb. 9*). Tretí zliatok z depotu Blučina 1 (*obr. 2, cluster 2; tab. 1*) pochádza primárne z tetraedritového zrudnenia. Stabilné izotopy olova neumožnili medenú surovinu zo spomenutého zliatku zodpovedne priradiť k žiadnemu ložisku v strednej Európe (*obr. 5; 6*). Vzhľadom na tetraedritovú signatúru a doklady dobývania spomenutého typu rudy vo Východných Alpách až od stupňa Ha A (*Tomedi – Staudt – Töchterle 2013, 65–66*), nevylučujeme pôvod medi v oblasti Západných Karpát (revír Špania Dolina; *obr. 1: 17*).

Pri určení proveniencie medeného materiálu troch zliatkov z o niečo mladšieho (Ha A1) depotu z Borotína pozorujeme určitú zmenu v zastúpení typov sledovaného kovu na území dnešnej Moravy. Distribúcia medi východoalpského pôvodu vytavenej z chalkopyritu pokračuje aj naďalej, čo dokladá zliatok číslo 118624 (*obr. 2, cluster 1; tab. 1*). Ložisko rudy, z ktorého med' dominovala v chemickom zložení ingotov z predchádzajúceho obdobia stupňa B D1 z Blučiny 1 už nepredstavuje južný revír v Mitterbergu (lokalita Arthurstollen), ale zatiaľ bližšie neurčený zdroj vo Východných Alpách. Produkcia medi v spomenutom banskom regióne v stupni Ha A1 už bola oproti predchádzajúcim obdobiam strednej a počiátku mladšej doby bronzovej výrazne nižšia a dobývka bola pravdepodobne pomaly opúšťaná (*Pernicka – Lutz – Stollner 2016, 28, tab. 2*). Uvedený trend nahradzovania medi typu Mitterberg, resp. východoalpskej medi potvrdila aj analýza zvyšných dvoch medených zliatkov z Borotína (*obr. 2, cluster 3; tab. 1*). U obidvoch zliatkov dominuje tetraedritová med' pôvodom z dolného toku rieky Inn z banskej oblasti Schwaz/Brixlegg (*obr. 1: 13; 6*). Uvedené zistenia k proveniencii medenej suroviny na Morave potvrdzujú poznatky bádateľov z oblasti Východných Álp a horného Podunajska o postupnom nahrádzaní východoalpskej chalkopyritovej medi za miestnu tetraedritovú medenú surovinu od stupňa Ha A (*Pernicka – Lutz – Stöllner 2016, 39, fig. 20; Sperber 2004, 316–317, Abb. 7, Tab. 2*).

Územie Moravy bolo teda v staršom úseku mladšej doby bronzovej (B D – Ha A1) súčasťou prevažne širšieho východoalpského distribučného metalurgického okruhu (*Frána – Jiráň 1998, 218–220; Frána – Jiráň – Moucha – Sankot 1997, 182–183, Abb. 3–4*). S uvedeným konštatovaním korešponduje i naďalej pretrvávajúca absencia dokladov využívania domácich moravských medených zdrojov na Českomoravskej vrchovine (*obr. 3; Štěpánov nad Svratkou*) a sliezkej Jeseníckej oblasti (*Salaš 2005, 127*).

Predložená štúdia vznikla za finančnej podpory Ministerstva kultúry ČR v rámci inštitucionálneho financovania na dlhodobý koncepčný rozvoj výskumnej organizácie Moravské zemské muzeum (DKRVO, MK000094862).

Literatúra

- Ankner, D. 1998:* Korrosion von Kupferlegierungen im Boden und ihre Bewertung. Archäologisches Korrespondenzblatt 28, 151–161.
- Artioli, G. – Angelini, I. – Nimis, P. – Addis, A. – Villa, I. M. 2014:* Prehistoric copper metallurgy in the Italian Eastern Alps: recent results. Historical Metallurgy 47, 51–59.
- Augustýnová, M. 2016a:* Metalurgie bronzu doby bronzové v západních Čechách – známé indicie. Archeologia technica. Zkoumání výrobních objektů a technologií archeologickými metodami 27, 3–17.
- Augustýnová, M. 2016b:* Metalurgická krajina? Doklady metalurgie bronzu v jižních Čechách v době bronzové. Archeologické výzkumy v jižních Čechách 28, 55–86.
- Baker, J. – Stos, S. – Waight, T. 2006:* Lead isotope analysis of archaeological metals by multiple-collector inductively coupled plasma mass spectrometry. Archaeometry 48, 45–56.
- Bartelheim, M. 2009:* Die Nutzung mineralischer Ressourcen in der Bronzezeit Mittel- und Südosteuropas. In: M. Bartelheim – H. Stäuble Hrsg., Die wirtschaftlichen Grundlagen der Bronzezeit Europas. Forschungen zur Archäometrie und Altertumswissenschaft 4, Rahden/ Westf.: Verlag Marie Leidorf, 177–188.
- Bartelheim, M. 2016:* Metals als Resources in the Early Bronze Age of Bohemia and Moravia. In: M. Bartelheim – B. Horejs – R. Krauß Hrsg., Von Baden bis Troia. Ressourcennutzung, Metallurgie und Wissenstransfer. Ein Jubiläumsschrift für Ernst Pernicka. Oriental und European Archaeology 3, Rahden/Westf.: Verlag Marie Leidorf, 139–152.
- Bartelheim, M. – Niederschlag, E. 1998:* Untersuchungen zur Buntmetallurgie, insbesondere des Kupfers und Zinns, im sächsisch-böhmischen Erzgebirge und dessen Umland. Arbeits- und Forschungsberichte zur sächsischen Bodendenkmalpflege 40, 8–87.
- Bartelheim, M. – Niederschlag, E. – Rehren, T. 1998:* Research into prehistoric metallurgy in the Bohemian/Saxon Erzgebirge. In: B. Hänsel ed., Mensch und Umwelt in der Bronzezeit. Abschlußtagung der Kampagne des Europarates: Die Bronzezeit: das erste goldene Zeitalter Europas an der Freien Universität Berlin, 17.–19. März 1997. Beiträge und Ergebnisse, Kiel: Oetker-Voges Verlag, 225–230.
- Bašťová, D. – Bašta, J. 1991:* K možnostem exploatace západočeských ložisek kovových rud v pravěku a raném středověku. In: J. Waldhauser ed., Rozpravy Národního technického muzea v Praze 122. Studie z dějin hornictví 21, Praha: Národní technické muzeum v Praze, 49–73.
- Baumann, L. – Kuschka, E. – Seifert, Th. 2000:* Lagerstätten des Erzgebirges. Stuttgart: Enke im Thieme Verlag.
- Baxter, M. J. – Beardah, C. C. – Westwood, S. 2000:* Sample Size and Related Issues in the Analysis of Lead Isotope Data. Journal of Archaeological Science 27, 973–980.
- Bátora, J. 2009:* Metallurgy and Early Bronze Age Fortified Settlements in Slovakia. Slovenská archeológia LVII, 195–219.
- Bátora, J. – Stöllner, T. – Cheben, M. 2017:* Výskum dvoch banských diel na medenú rudu v Ponikoch. Archeologické výskumy a nálezy na Slovensku v roku 2012, 22–23.
- Beneš, A. 1970:* K pravěkému osídlení Krušných hor. In: J. Majer ed., Cín v dějinách vědy, techniky a umění. Rozpravy Národního technického muzea v Praze 43, Praha: Národní technické muzeum v Praze, 87–96.
- Bína, J. – Demek, J. 2012:* Z nížin do hor. Geomorfologické jednotky České republiky. Praha: Academia.
- Blažek, J. – Černá, E. – Velínský, T. 1995:* Zur Siedlungsgeschichte der böhmischen Seite des Erzgebirges. Germania 73, 463–479.
- Blažek, J. – Erné, M. – Smejtek, L. 1998:* Die bronzezeitlichen Gussformen in Nordwestböhmen. Most: Ústav archeologické památkové péče severozápadních Čech.
- Boroffka, N. 2009:* Mineralische Rohstoffvorkommen und der Forschungsstand des urgeschichtlichen Bergbaues in Rumänien. In: M. Bartelheim – M. Stäuble – H. Schäuble eds., Die wirtschaftlichen Grundlagen der Bronzezeit Europas. Forschungen zur Archäometrie und Altertumswissenschaft 4, Rahden/ Westf.: Verlag Marie Leidorf, 119–146.
- Bouzek, J. – Koutecký, D. – Simon, K. 1989:* Tin and Prehistoric Mining in the Erzgebirge (Ore Mountains): Some New Evidence. Oxford Journal of Archaeology 8, 203–212.
- Böhme, M. 1997:* Kupferverhüttung auf latènezeitlichen Siedlungen Ostthüringens. Alt-Thüringen 31, 85–188.
- Cambel, B. – Jarkovský, J. 1974:* Geochemistry of Chalcopyrite. Acta Geologica et Geographica Universitatis Comenianae, Geologica 27, 5–165.

- Cattin, F. – Guénette-Beck, B. – Curdy, P. – Meisser, N. – Ansermet, S. – Hofmann, B. A. – Kündig, R. – Hubert, V. – Wörle, M. – Hametner, K. – Günther, D. – Wichser, A. – Ulrich, A. – Villa, M. – Besse, M. 2011: Provenance of Early Bronze Age metal artefacts in Western Switzerland using elemental and lead isotopic compositions and their possible relation with copper minerals of the nearby Valais. *Journal of Archaeological Science* 38, 1221–1233.
- Cierny, J. 2008: Prähistorische Kupferproduktion in den südlichen Alpen. Region Trentino Orientale. Der Anschnitt. *Zeitschrift für Kunst und Kultur im Bergbau*, Beiheft 22. Bochum: Deutsches Bergbau-Museum Bochum.
- Czajlik, Z. – Sólymos, K. G. 2002: Analyses of ingots from Transdanubia and adjacent areas. In: E. Jerem – K. T. Biró eds., *Archaeometry 98. Proceedings of the 31st Symposium*. Budapest, April 26 – May 3 1998. *Archaeolingua*, Central European Series 1. BAR International Series 1043, Volume II, Oxford: Archaeopress, 317–325.
- Češková, L. 1978: Metalogenetická charakteristika některých geologických jednotek při východním okraji Českého masívu. In: *Folia Facultatis Scientiarum Naturalium Universitatis Purkynianae Brunensis*, Tomus XIX. *Geologia* 31/3, Brno: Univerzita J. E. Purkyně v Brně, 5–99.
- Čujanová, E. – Prokop, R. 1968: Měděná ložiska v západních Čechách jako možný zdroj suroviny v době bronzové. *Archeologické rozhledy* 20, 312–329.
- Duberow, E. – Pernicka, E. 2010: Frühbronzezeitliche Metallurgie im Traisental – Archäometallurgische Studien an Funden aus den Gräberfeldern von Franzhausen I und II. In: J. Cemper-Kießlich – F. Lang – K. Schaller – C. Uhlir – M. Unterwurzacher Hrsg., *Primus Conventus Austriacus Archaeometriae. Scientiae Naturalis ad Historiam Hominis Antiqui Investigandum MMIX*. Tagungsband zum Ersten Österreichischen Archäometrie-Kongress 15.–17. Mai 2009. *ArchaeoPLUS – Schriften zur Archäologie und Archäometrie der Paris Lodron-Universität Salzburg*, Band 1, Salzburg: Universität Salzburg, 49–53.
- Duberow, E. – Pernicka, E. – Krenn-Leeb, A. 2009: Eastern Alps or Western Carpathians: Early Bronze Age Metal within the Wieselburg Culture. In: T. L. Kienlin – B. W. Roberts eds., *Metals and Societies. Studies in honour of Barbara S. Ottaway*. *Universitätsforschungen zur prähistorischen Archäologie* 169, Bonn: Habelt Verlag, 336–349.
- Faktor, F. 1896: Bronzové kroužky. *Časopis Vlasteneckého spolku musejního v Olomouci* XIII, 165–166.
- Farkaš, Z. – Gregor, M. 2013: Doklady metalurgie kovov na západnom Slovensku na prelome starého a stredného eneolitu. In: I. Cheben – M. Soják eds., *Otázky neolitu a eneolitu našich krajín – 2010*. Zborník referátov z 29. pracovného stretnutia bádateľov pre výskum neolitu a eneolitu Čiech, Moravy a Slovenska. Vršatecké Podhradie, 27.–30. 9. 2010. *Archaeologica Slovaca Monographiae Communicationes*, Tomus XV, Nitra: Archeologický ústav SAV, 29–56.
- Fojt, B. – Večeřa, J. 2000: Zlaté Hory ve Slezsku. Největší rudní revír v Jeseníkách, část 1.: A. Historie těžby B. Přehled literárních poznatků. *Acta Musei Moraviae, Scientiae geologicae* LXXXV, 3–45.
- Fojt, B. – Hladíková, J. – Kalenda, F. 2001: Zlaté Hory ve Slezsku. Největší rudní revír v Jeseníkách, část 2.: C. Geologie D. Mineralogie E. Geochemie stabilních izotopů. *Acta Musei Moraviae, Scientiae geologicae* LXXXVI, 3–58.
- Frána, J. 2004: Analýzy složení měděných slitin z Hornického muzea Příbram. *Archeologie ve středních Čechách* 8, 301–306.
- Frána, J. – Jiráň, L. 1996: Die Ergebnisse der Metallanalysen ausgewählter Gegenstände aus dem Depotfund von Sipbachzell. In: P. Höglinger, *Der spätbronzezeitliche Depotfund von Sipbachzell/OÖ*. Linzer Archäologische Forschungen, Sonderheft XVI, Linz: Stadtmuseum Linz – Nordico, 98–108.
- Frána, J. – Jiráň, L. 1998: Vorgeschiedliche Erzeugnisse aus Kupfer und dessen Legierungen in Böhmen aus dem Aspekt der Analysen der Elementzusammensetzung. In: C. Mordant – M. Pernot – V. Rychner eds., *L'atelier du bronzier en Europe du XX^e au VIII^e siècle avant notre ère*. Actes du colloque international "Bronze'96". Neuchâtel et Dijon, 1996, Tome I (session de Neuchâtel). *Les Analyses de composition du métal: leur apport à l'archéologie de l'Âge du Bronze*, Paris: CTHS, 215–221.
- Frána, J. – Jiráň, L. – Maštalka, A. – Moucha, V. 1995: Artifacts of Copper and Copper Alloys in Prehistoric Bohemia from the Viewpoint of Analyses of Element Composition. In: *Praehistorica Archaeologica Bohemica 1995*. *Památky archeologické – Supplementum* 3, Prague: Institute of Archaeology, 125–205.
- Frána, J. – Jiráň, L. – Moucha, V. – Sankot, P. 1997: Artifacts of Copper and Copper Alloys in Prehistoric Bohemia from the Viewpoint of Analyses of Element Composition II. *Památky archeologické – Supplementum* 8. Prague: Institute of Archaeology.

- Furmánek, V. 1987:* Zu einigen Fragen der südöstlichen Urnenfelder in der Slowakei. *Mitteilungen der Berliner Gesellschaft für Anthropologie, Ethnologie und Urgeschichte* 8, 39–54.
- Furmánek, V. 2005:* Stav poznania pravekej prospekcie a ťažby neželezných kovov na Slovensku. In: J. Labuda ed., *Montánna archeológia na Slovensku (25 rokov výskumu lokality Glanzenberg v Banskej Štiavnici)*. Medzinárodný seminár 7. 9. – 9. 9. 2005. Zborník prednášok, Banská Štiavnica: Slovenské banské múzeum, 15–18.
- Furmánek, V. – Vladár, J. 2002:* Der Stand der Metallanalysentätigkeit in der Slowakei. In: M. Bartelheim – E. Pernicka – R. Krause Hrsg., *Die Anfänge der Metallurgie in der Alten Welt. Forschungen zur Archäometrie und Altertumswissenschaft* 1, Rahden/Westf.: Verlag Marie Leidorf, 255–264.
- Gale, N. H. – Stos-Gale, Z. A. 2000:* Lead isotope analyses applied to provenance studies. In: E. Ciliberto – G. Spoto eds., *Modern Analytical Methods in Art and Archaeology*, New York: Wiley, 503–584.
- Goldenberg, G. 2004:* Ein Verhüttungsplatz der mittleren Bronzezeit bei Jochberg (Nordtirol). In: G. Weisgerber – G. Goldenberg Hrsg., *Alpenkupfer – Rame delle Alpi. Der Anschnitt. Zeitschrift für Kunst und Kultur im Bergbau*, Beiheft 17, Bochum: Deutsches Bergbau-Museum Bochum, 165–176.
- Goldenberg, G. 2015:* Prähistorischer Fahlerzbergbau im Unterinntal – Montanarchäologische Befunde. In: *Montanwerke Brixlegg AG – K. Oegg – V. Schaffer Hrsg., Cuprum Tyrolense. 5550 Jahre Bergbau und Kupferverhüttung in Tirol*, Innsbruck: Edition Tirol, 89–122.
- Goldenberg, G. – Rieser, B. 2004:* Die Fahlerzlagerstätten von Schwaz/Brixlegg (Nordtirol). Ein weiteres Zentrum urgeschichtlicher Kupferproduktion in den österreichischen Alpen. In: G. Weisgerber – G. Goldenberg Hrsg., *Alpenkupfer – Rame delle Alpi, Der Anschnitt. Zeitschrift für Kunst und Kultur im Bergbau*, Beiheft 17, Bochum: Deutsches Bergbau-Museum Bochum, 37–52.
- Gruber, A. – Presslinger, H. 1983:* Werkstoffkundliche Untersuchungen an prähistorischen Kupfergußkuchen aus den Ostalpen. *Metall. Fachzeitschrift für Metallurgie, Technik, Wissenschaft, Wirtschaft* 37, 1254–1256.
- Hampl, F. – Mayrhofer, R. J. 1958:* Die ur- und frühgeschichtliche Bergbauforschung in Niederösterreich. *Studia Palaeometallurgica in honorem Ernesti Preuschen. Archaeologia Austriaca*, Beiheft 3. Archiv für ur- und frühgeschichtliche Bergbauforschung Nr. 12, Wien: Franz Deuticke, 46–56.
- Hanuš, V. 1956:* Mineralogie a geochemie Cu-Pb-Zn žily s chalkosinem a willemitem u Vrančic na Příbramsku. *Sborník Ústředního ústavu geologického, Oddíl geologický* 22, 69–143.
- Heinrich, Ch. A. – Neubauer, F. 2002:* Cu – Au – Pb – Zn – Ag metallogeny of the Alpine – Balkan – Carpathian – Dinaride geodynamic province. *Mineralium Deposita* 37, 533–540.
- Herker, J. 2005:* Die Siedlungsstruktur der Lausitzer Kultur und Billendorfer Gruppe im Dresdner Elbtal unter besonderen Berücksichtigung der Erzlagerstätten. *Etnographisch-Archäologische Zeitschrift* 46, 163–188.
- Holub, M. – Jelínek, E. – Komínek, E. – Pluskal, O. 1992:* Genetic model of sulfide mineralization of the Ransko gabbro-peridotite massif (Bohemia, Czechoslovakia). *Sborník geologických věd. Ložisková geologie, mineralogie* 30, 7–42.
- Houzar, S. – Hrazdil, V. – Malý, K. – Pfeiferová, A. – Sadílek, J. 2000:* Charakteristika pozůstatků po starém dolování Ag-Pb-Cu rud ve štěpánovském rudním revíru na západní Moravě. In: *Západní Morava, vlastivědný sborník* 4, Brno: Muzejní a vlastivědná společnost v Brně, 116–137.
- Houzar, S. – Malý, K. 2002:* Přehled mineralogie, ložiskových poměrů a historie štěpánovského rudního revíru na západní Moravě. *Acta Musei Moraviae, Scientiae geologicae* LXXXVII, 5–59.
- Höppner, B. – Bartelheim, M. – Huismans, M. – Krauss, R. – Martinek, K.-P. – Pernicka, E. – Schwab, R. 2005:* Prehistoric copper production in the Inn Valley (Austria) and the earliest copper in central Europe. *Archaeometry* 47, 293–315.
- Hyršl, J. 1992:* Mineralien, Geologie und Bergbaugeschichte von Příbram, Böhmen. *Emser Hefte* 1. Haltern: Doris Bode Verlag.
- Chmelíková, D. 2014:* Ložiska měděné rudy u Mutěšina (okr. DO) v západních Čechách a otázka jejich využití v pravěku. *Acta rerum naturalium* 16, Stříbrná Jihlava 2013, 19–32.
- Christl, A. 1989:* Höhengrenzen der urgeschichtlichen Besiedlung im Erzgebirge um dessen Umland, dargestellt an einem Ausschnitt. *Archeologické rozhledy* 41, 386–405.
- Christl, A. 2004:* Verschiebungen der Höhengrenzen der ur- und frühgeschichtlichen Besiedlung am Erzgebirge. Diskussion der Ursachen dargestellt am mittleren Bereich. *Alteuropäische Forschungen, Neue Folge* 5. Langenweissbach: Beier & Beran.
- Christl, A. – Simon, K. 1995:* Nutzung und Besiedlung des sächsischen Erzgebirges und des Vogtlandes bis zur deutschen Ostkolonisation. *Germania* 73, 441–462.

- Christoforidis, A. – Pernicka, E. 1988:* Gruppierung von Metallanalysen mit Hilfe der Clusteranalyse. In: R. Krause, Grabfunde von Singen am Hohentwiel I. Die endneolithischen und frühbronzezeitlichen Grabfunde von der Nordstadterrasse von Singen am Hohentwiel. Forschungen und Berichte zur Vor- und Frühgeschichte in Baden-Württemberg 32, Stuttgart: Kommissionsverlag K. Theiss, 252–262.
- Chvojka, O. 2010:* Postavení jižních Čech v rámci středoevropských kultur popelnicových polí. In: V. Furfánek – E. Miroššayová eds., Popelnicové polia a doba halštatská. Zborník referátov z X. medzinárodnej konferencie „Popelnicové polia a doba halštatská“, Košice, 16.–19. september 2008. Archaeologica Slovaca Monographiae Communicationes, Tomus XI, Nitra: Archeologický ústav SAV, 117–138.
- Chytráček, M. 1992:* Doklady metalurgie v pozdní době bronzové na Černém vrchu u Svržna (okr. Domažlice) a otázka možného využívání místních zdrojů nerostných surovin. Sborník Západočeského muzea v Plzni, Historie VIII, 59–73.
- Jiráň, L. 2000:* Die Frage nach Rohstoffquellen der urnenfelderzeitlichen Bronzezeitproduktion in Böhmen. In: J. Michálek – W. Irlinger – K. Schmotz – P. Weinzierl Hrsg., Archäologische Arbeitsgemeinschaft Ostbayern/West- und Südböhmen: 9. Treffen: 23. bis 26. Juni 1999 in Neukirchen b. Hl. Blut. Archäologická pracovní skupina východní Bavorsko/západní a jižní Čechy, Rahden/Westf.: Verlag Marie Leidorf, 61–67.
- Jiráň, L. – Čujanová-Jilková, E. – Hrala, J. – Hůrková, J. – Chvojka, O. – Koutecký, D. – Michálek, J. – Moucha, V. – Pleinerová, I. – Smrž, Z. – Vokolek, V. 2008:* Archeologie pravěkých Čech 5. Doba bronzová. Praha: Archeologický ústav AV ČR.
- Jovanović, B. 1982:* Rudna Glava. Najstarije rudarstvo bakra na centralnom Balkanu. Bor – Beograd: Muzej rudarstva i metalurgie.
- Klemm, S. 2003:* Montanarchäologie in den Eisenerzer Alpen, Steiermark. Archäologische und naturwissenschaftliche Untersuchungen zum prähistorischen Kupferbergbau in der Eisenerzer Ramsau. Mitteilungen der Prähistorischen Kommission 50. Wien: Verlag der österreichischen Akademie der Wissenschaften.
- Klemm, S. 2015:* Bronzezeitliche Kupfergewinnung in den Eisenerzer Alpen, Steiermark. In: T. Stöllner – K. Oeggl Hrsg., Bergauf Bergab. 10 000 Jahre Bergbau in den Ostalpen. Wissenschaftlicher Beiband zur Ausstellung im Deutschen Bergbau-Museum Bochum vom 31. 10. 2015 – 24. 4. 2016, im vorarlberg museum Bregenz vom 11. 6. 2016 – 26. 10. 2016. Veröffentlichung aus dem Deutschen Bergbau-Museum Bochum Nr. 207, Bochum: Verlag Marie Leidorf, 195–200.
- Koch Waldner, T. – Klauzner, M. 2015:* Das prähistorische Bergbauegebiet in der Region Kitzbühel. In: T. Stöllner – K. Oeggl Hrsg., Bergauf Bergab. 10 000 Jahre Bergbau in den Ostalpen. Wissenschaftlicher Beiband zur Ausstellung im Deutschen Bergbau-Museum Bochum vom 31. 10. 2015 – 24. 4. 2016, im vorarlberg museum Bregenz vom 11. 6. 2016 – 26. 10. 2016. Veröffentlichung aus dem Deutschen Bergbau-Museum Bochum Nr. 207, Bochum: Verlag Marie Leidorf, 165–173.
- Korený, R. – Novák, E. 2004:* Hromadný nález z Nečína (II) a nový pokus o lokalizaci některých bronzů ze sbírek Hornického muzea Příbram. Archeologie ve středních Čechách 8, 287–300.
- Korený, R. – Frána, J. – Fikrlé, M. 2011:* Nové poznatky o střední až pozdní době bronzové na Příbramsku. Archeologie ve středních Čechách 15, 259–265.
- Koziorowska, L. 1987:* Skład chemiczny przedmiotów zabytkowych z Czechosłowacji. Orzeczenie Nr. 504. Centralne laboratorium IHKM PAN, Warszawa. Manuskript, MZM Brno.
- Kraus, S. – Klemm, S. – Pernicka, E. 2011:* Untersuchungen zur bronzezeitlichen Kupfergewinnung in der Eisenerzer Ramsau, Steiermark. Erste schlackenkundliche Ergebnisse. In: J. Cemper-Kießlich – F. Lang – K. Schaller – Ch. Uhlir – M. Unterwurzacher Hrsg., Secundus Conventus Austriacus Archaeometriae. Scientiae Naturalis ad Historiam Hominis Antiqui Investigandam MMX. Tagungsband zum Zweiten Österreichischen Archäometrikongress 13.–14. Mai 2010. ArchaeoPLUS – Schriften zur Archäologie und Archäometrie der Paris Lodron-Universität Salzburg, Band 2, Salzburg: Universität Salzburg, 115–118.
- Krause, R. 2003:* Studien zur kupfer- und frühbronzezeitliche Metallurgie zwischen Karpatenbecken und Ostsee. Vorgeschichtliche Forschungen 24. Rahden/Westf.: Verlag Marie Leidorf.
- Krauß, R. 2004:* Bronzezeit. KG Schwarzle. Fundberichte aus Österreich 43, 841.
- Krauß, R. 2015:* Der prähistorische und mittelalterlich-frühneuzeitliche Bergbau in St. Veit im Pongau. In: T. Stöllner – K. Oeggl Hrsg., Bergauf Bergab. 10 000 Jahre Bergbau in den Ostalpen. Wissenschaftlicher Beiband zur Ausstellung im Deutschen Bergbau-Museum Bochum vom 31. 10. 2015 – 24. 4. 2016, im vorarlberg museum Bregenz vom 11. 6. 2016 – 26. 10. 2016. Veröffentlichung aus dem Deutschen Bergbau-Museum Bochum Nr. 207, Bochum: Verlag Marie Leidorf, 187–194.

- Krismer, M. – Vavtar, F. – Tropper, P. – Kaindl, R. – Sartory, B. 2011: The chemical composition of tetrahedrite-tennantite ores from the prehistoric and historic Schwaz and Brixlegg mining areas (North Tyrol, Austria). *European Journal of Mineralogy* 23, 925–936.
- Krismer, M. – Tropper, P. 2013: Die historischen Fahlerzlagertstätten von Schwaz und Brixlegg: Geologische und mineralogische Aspekte zum Bergbau im Unterinntal. In: *Montanwerke Brixlegg AG – K. Oeggel – V. Schaffer Hrsg., Cuprum Tyrolense. 5550 Jahre Bergbau und Kupferverhüttung in Tirol*, Innsbruck: Edition Tirol, 11–27.
- Krušínová, L. – Korený, R. 2011: Sídlištní objekt z doby bronzové na Plešivci u Rejkovic, okr. Příbram. *Archeologie ve středních Čechách* 15, 2011, 285–289.
- Krutský, N. 1978: Auswertung der Spektralanalysen. In: J. Waldhauser – W. Dehn eds., *Das keltische Gräberfeld bei Jenišův Újedz in Böhmen. II. Band – Auswertung. Archeologický výzkum v severních Čechách 6–7*, Teplice: Krajské muzeum, 209–215.
- Kvietok, M. 2014: Stav a perspektívy montánnej archeológie na hornom Pohroní. *Acta rerum naturalium* 16, Stříbrná Jihlava 2013, 1–18.
- Kytlicová, O. 1976: Význam těžby rud na Příbramsku pro otázku původu mědi v Čechách v mladší době bronzové. In: *Sborník symposia Hornická Příbram ve vědě a technice, Příbram: Československý uranový průmysl*, 99–117.
- Kytlicová, O. 1982: Bronzemetallurgie in Böhmen in der Jung- und Spätbronzezeit. *Archeologia Polski* 27, 383–393.
- Kytlicová, O. 2007: Jungbronzezeitliche Hortfunde in Böhmen. *Prähistorische Bronzefunde XX/12*. Stuttgart: Franz Steiner.
- Ling, J. – Hjörthner-Holdar, E. – Grandin, L. – Billström, K. – Persson, P.-O. 2013: Moving metals or indigenous mining? Provenancing Scandinavian Bronze Age artefacts by lead isotopes and trace elements. *Journal of Archaeological Science* 40, 291–304.
- Ling, J. – Stos-Gale, Z. – Grandin, L. – Billström, K. – Hjörthner-Holdar, E. – Persson, P.-O. 2014: Moving metals II: provenancing Scandinavian Bronze Age artefacts by lead isotope and elemental analyses. *Journal of Archaeological Science* 41, 106–132.
- Liptáková, Z. 1973: Predbežné výsledky výskumu zaniknutých baní na lokalite Špania Dolina – Piesky. In: J. Majer ed., *Rozpravy Národního technického muzea* 58, Studie z dějin hornictví 3, Praha: Národní technické muzeum v Praze, 7–19.
- Lutz, J. 2016: Alpenkupfer – die Ostalpen als Rohstoffquelle in vorgeschichtlicher Zeit. In: M. Bartelheim – B. Horejs – R. Krauß Hrsg., *Von Baden bis Troia. Ressourcennutzung, Metallurgie und Wissenstransfer. Ein Jubiläumsschrift für Ernst Pernicka*. *Oriental und European Archaeology* 3, Rahden/Westf.: Verlag Marie Leidorf, 333–358.
- Lutz, J. – Pernicka, E. 1996: Energy dispersive X-Ray fluorescence analysis of ancient copper and alloys: empirical values for precision and accuracy. *Archaeometry* 38, 313–323.
- Lutz, J. – Pernicka, E. – Pils, R. – Tomedi, G. – Vavtar, F. 2010: Geochemical Characteristics of Copper Ores from the Greywacke Zone in the Austrian Alps and their Relevance as a Source of Copper in Prehistoric Times. In: P. Anreiter et al. Hrsg., *Mining in European History and its Impact on Environment and Human Societies – Proceedings for the 1st Mining in European History-Conference of the SFB HIMAT*, 12.–5. November 2009, Innsbruck: Innsbruck University Press, 145–150.
- Majer, J. 2004: Rudné hornictví v Čechách, na Moravě a ve Slezsku. *Obrazy z dějin těžby a zpracování*. Praha: Libri.
- Malach, R. – Štof, A. – Hložek, M. 2016: Nová depozita kovové industrie doby bronzové v Boskovické brázdě. *Pravěk – Supplementum* 32. Brno: Ústav archeologické památkové péče.
- Malý, K. 2000: Geochemická charakteristika chalkopyritu z bronzového depotu od Borotína. *Geologické výzkumy na Moravě a ve Slezsku* 7, 155–156.
- Měřínský, Z. 1984: K otázkám studia exploatace nerostných surovin na Moravě. In: J. Merta ed., *Zkoumání výrobních objektů a technologií archeologickými metodami* 3, Brno: Technické muzeum, 11–18.
- Michňová, J. – Ozdín, D. 2010: Primárna hydrotermálna mineralizácia na lokalite Polkanová. *Mineralia Slovaca* 42, 69–78.
- Mísař, Z. 1995: Lithostratigraphy of allochthonous units in the Moravo-Silezian Zone. In: R. D. Dallmeyer – F. Franke – K. Weber eds., *Pre-Permian Geology of Central and Eastern Europe*, Berlin: Springer-Verlag, 521–529.
- Mísař, Z. – Duda, J. – Holub, M. – Pokorný, J. – Weiss, J. 1974: The Ransko gabbro-peridotite massif and its mineralization (Czechoslovakia). Praha: Univerzita Karlova.

- Modarressi-Tehrani, D. – Garner, J. 2015: New Approaches on Mining Activities in the Slovakian Ore Mountains. In: J. Labuda ed., Argenti fodina 2014. Zborník prednášok z medzinárodnej konferencie Argenti fodina 2014, 10.–12. septembra 2014 v Banskej Štiavnici, Banská Štiavnica: Slovenské banské múzeum, 45–57.*
- Modl, D. 2010: Zur Herstellung und Zerkleinerung von plankonvexen Gusskuchen in der spätbronzezeitlichen Steiermark, Österreich. In: F. Both Hrsg., Experimentelle Archäologie in Europa. Bilanz 2010, Heft 9, Oldenburg: Isensee Verlag, 127–151.*
- Mozsolics, A. 1985: Ein Beitrag zum Metallhandwerk der ungarischen Bronzezeit. Bericht der Römisch-Germanischen Kommission 20, 19–72.*
- Much, M. 1879: Das vorgeschichtliche Kupferbergwerk auf dem Mitterberg bei Bischofshofen (Salzburg). Mittheilungen der k. k. Central-Commission zur Erforschung und Erhaltung der kunst- und hist. Denkmale N.F. 5, 18–36.*
- Niederschlag, E. – Pernicka, E. – Seifert, T. – Bartelheim, M. 2003: The determination of lead isotope ratios by multiple collector ICP-MS: A case study of Early Bronze Age artefacts and their possible relation with ore deposits of the Erzgebirge. Archaeometry 45, 61–100.*
- Nielsen, E. H. 2014: A Late Bronze Age tin ingot from Sursee-Gammainseli (Kt. Luzern). Archäologisches Korrespondenzblatt 44, 177–193.*
- Pančíková, Z. 2008: Metalurgia v období popolnicových polí na Slovensku. Památky archeologické 99, 93–160.*
- Pausweg, F. 1976: Die Bedeutung der Ur- und Frühgeschichtsforschung für die Lagerstättenkunde am Beispiel des Kupfererzbergbaues Mitterberg bei Mühlbach am Hochkönig, Salzburg. In: M. Mitschamärheim – H. Friesinger – H. Kerchler Hrsg., Festschrift für Richard Pittioni zum siebzigsten Geburtstag II. Industriearchäologie und Metalltechnologie. Römerzeit, Frühgeschichte und Mittelalter. Sonstiges. Archaeologia Austriaca, Beiheft 14, Wien: Franz Deuticke, 125–129.*
- Págo, L. 1968: Chemická charakteristika slovenské mēdené rudy a její vztah k mědi používané v pravěku. Slovenská archeológia XVI, 245–254.*
- Págo, L. 1981: Spektrální analýzy předmětů mohylové kultury z Mušova, okr. Mikulov. Archeologické rozhledy 33, 370–371.*
- Págo, L. 1985: Spektrální analýzy některých artefaktů z výšinného sídliště doby bronzové u Blučiny. Acta Musei Moraviae, Scientiae sociales LXX, 57–59.*
- Pernicka, E. 1984: Instrumentelle Multi-elementanalyse archäologischer Kupfer- und Bronzeartefakte: ein Methodenvergleich. Jahrbuch des Römisch-Germanischen Zentralmuseums 31, 517–531.*
- Pernicka, E. 1999: Trace element fingerprinting of ancient copper: a guide to technology or provenance? In: S. M. M. Young – A. M. Pollard – P. Budd – R. A. Ixer eds., Metals in Antiquity. BAR International Series 792, Oxford: Archaeopress, 163–171.*
- Pernicka, E. – Begemann, F. – Schmitt-Strecker, S. – Wagner, G. A. 1993: Eneolithic and Early Bronze Age copper artefacts from the Balkans and their relation to Serbian copper ores. Prähistorische Zeitschrift 68, 1–54.*
- Pernicka, E. – Lutz, J. 2015: Fahlerz und Kupferkiesnutzung in der Bronze- und Eisenzeit. In: T. Stöllner – K. Oegg Hrsg., Bergauf Bergab. 10 000 Jahre Bergbau in den Ostalpen. Wissenschaftlicher Beiband zur Ausstellung im Deutschen Bergbau-Museum Bochum vom 31. 10. 2015 – 24. 4. 2016, im vorarlberg museum Bregenz vom 11. 6. 2016 – 26. 10. 2016. Veröffentlichung aus dem Deutschen Bergbau-Museum Bochum Nr. 207, Bochum: Verlag Marie Leidorf, 107–111.*
- Pernicka, E. – Lutz, J. – Stöllner, T. 2016: Bronze Age Copper Produced at Mitterberg, Austria, and its Distribution. Archaeologia Austriaca 100, 19–55.*
- Pernicka, E. – Mehofer, M. 2013: Archäometallurgische Untersuchungen. In: E. Lauer mann – E. Rammer Hrsg., Die urnenfelderzeitlichen Metallhortfunde Niederösterreichs. Mit besonderer Berücksichtigung der zwei Depotfunde aus Enzersdorf im Thale. Universitätsforschungen zur prähistorischen Archäologie 226, Bonn: Habelt Verlag, 42–59.*
- Pesta, H. 1937: Spektralanalytische Untersuchungen der Lagerstätte Kelchalpe und der bisher vorliegenden Metallfunde aus dem Bereiche des urzeitlichen Bergbaues auf der Kelchalpe, Tirol. In: E. Preuschen – R. Pittioni, Untersuchungen im Bergbaugebiete Kelchalpe bei Kitzbühel, Tirol. Erster Bericht über die Arbeiten 1931–1936 zur Urgeschichte des Kupferbergwesens in Tirol. Mitteilungen der Prähistorischen Kommission der Akademie der Wissenschaften 3/1–3, Wien: Verlag der Österreichischen Akademie der Wissenschaften, 146–153.*

- Pichler, T. – Nicolussi, K. – Goldenberg, G. – Hanke, K. – Kovács, K. – Thurner, A. 2013: Charcoal from a prehistoric copper mine in the Austrian Alps: dendrochronological and dendrological data, demand for wood and forest utilisation. *Journal of Archaeological Science* 40, 992–1002.
- Pittioni, R. 1957: Urzeitlicher Bergbau auf Kupfererz und Spurenanalyse. Beiträge zum Problem Relation Lagerstätte-Fertigobjekt. *Archaeologica Austriaca*, Beiheft 1. Archiv für ur- und frühgeschichtliche Bergbauforschung Nr. 10. Wien: Franz Deuticke.
- Podborský, V. 2007: Zapomínaný Moritz/Mauritius Wilhelm Trapp (24. 1. 1825 – 27. 5. 1895). *Pravěk NŘ* 15, 467–468.
- Presslinger, H. – Eibner, C. 2004: Montanarchäologie im Paltental (Steiermark). Bergbau, Verhüttung, Verarbeitung und Siedlungstätigkeit in der Bronzezeit. In: G. Weisgerber – G. Goldenberg Hrsg., *Alpenkupfer – Rame delle Alpi, Der Anschnitt. Zeitschrift für Kunst und Kultur im Bergbau*, Beiheft 17, Bochum: Deutsches Bergbau-Museum Bochum, 63–74.
- Presslinger, H. – Wallach, G. – Eibner, C. 1988: Bronzezeitliche Verhüttungsanlage zur Kupfererzeugung in den Ostalpen. *Berg- und hüttenmännische Monatshefte* 133, 338–344.
- Preuschen, E. – Pittioni, R. 1937: Untersuchungen im Bergbaugebiete Kelchalpe bei Kitzbühel, Tirol. Erster Bericht über die Arbeiten 1931–1936 zur Urgeschichte des Kupferbergwesens in Tirol. Mitteilungen der Prähistorischen Kommission der Akademie der Wissenschaften 3/1–3, Wien: Verlag der Österreichischen Akademie der Wissenschaften, 1–160.
- Preuschen, E. – Pittioni, R. 1956: Das urzeitliche Bergbaugebiet Wirtsalm bei Viehhofen im Mitterpinzgau, Salzburg. *Archaeologia Austriaca* 19–20, 264–278.
- Primas, M. – Pernicka, E. 1998: Der Depotfund von Oberwilflingen. Neue Ergebnisse zur Zirkulation von Metallbarren. *Germania* 76, 25–65.
- Přichystal, A. – Obr, F. 1986: Mineralogicko-chemická charakteristika měděné rudy z bronzového depotu od Borotína (okr. Blansko). *Archeologické rozhledy* 38, 164–167.
- Půlpán, M. – Blažek, J. 2014: Výšinná lokalita z doby bronzové a železné v Místě, okr. Chomutov. Zpráva z výskumu v roce 2013. In: R. Smolník Hrsg., *ArchaeoMontan 2013. Krušná krajina – Erz(gebirgs)landschaft – Ore Landscape. Mezinárodní konference Kadaň, 26. až 28. září 2013. Internationale Fachtagung Kadaň 26. bis 28. September 2013. Arbeits- und Forschungsberichte zur sächsischen Bodendenkmalpflege*, Beiheft 28, Dresden: Landesamt für Archäologie Sachsen, 83–94.
- Rieser, B. – Schrättenthaler, H. 2004: Prähistorischer Kupferbergbau im Raum Schwaz/Brixlegg (Nordtirol). Geländebefunde und experimentelle Untersuchungen zur Schlägelschäftung. In: G. Weisgerber – G. Goldenberg Hrsg., *Alpenkupfer – Rame delle Alpi. Der Anschnitt. Zeitschrift für Kunst und Kultur im Bergbau*, Beiheft 17, Bochum: Deutsches Bergbau-Museum Bochum, 75–94.
- Rychner, V. – Klüntsch, N. 1995: Arsenic, nickel et antimoine. Une approche de la métallurgie du Bronze moyen et final en Suisse par l'analyse spectrométrique, Tome I. *Cahiers d'archéologie romande* 63. Lausanne: Cahiers d'archéologie romande.
- Salaš, M. 1986: Hromadný nálezný bronzové industrie z Borotína, okr. Blansko. *Archeologické rozhledy* 38, 139–164.
- Salaš, M. 1995: Bemerkungen zur Organisation der urnenfelderzeitlichen Metallverarbeitung unter Berücksichtigung des mitteldonauländischen Kulturkreises in Mähren. *Archeologické rozhledy* 47, 569–586.
- Salaš, M. 1997: Der urnenfelderzeitliche Hortfund von Polešovice. Brno: Moravské zemské muzeum.
- Salaš, M. 2005: Bronzové depoty střední až pozdní doby bronzové na Moravě a ve Slezsku I–II. Brno: Moravské zemské muzeum.
- Salaš, M. 2014: Velatická struktura K2A-B na Cezavách u Blučiny – příklad náleznové situace s bronzovým depotem Blučina 16. *Studia archaeologica Brunensia* 19, 139–167.
- Salaš, M. 2015: Specifika nálezných situací velatického horizontu na návrší Cezavy u Blučiny. In: O. Oždání ed., *Popolnicové polia a doba halštatská. Zborník referátov z XII. medzinárodnej konferencie „Doba popolnicových polí a doba halštatská“*, Hriňová-Poľana 14.–18. máj 2012. *Archaeologica Slovaca Monographiae Communicationes*, Tomus XVII, Nitra: Archeologický ústav SAV, 223–233.
- Salaš, M. – Stránský, K. – Winkler, Z. 1989: Nové poznatky o metalurgii doby bronzové na podkladě nálezů z Cezav u Blučiny. *Acta Musei Moraviae – scientiae sociales LXXIV*, 55–68.
- Salaš, M. – Stránský, K. – Winkler, Z. 1993: Příspěvek ke studiu měděných slitků doby popolnicových polí na Moravě. *Acta Musei Moraviae – scientiae sociales LXXVIII*, 59–74.
- dos Santos, E. J. – Herrmann, A. B. – Olkuszewski, J. L. – Saint’Pierre, T. D. – Curtius, A. J. 2005: Determination of Trace Metals in Electrolytic Copper by ICP OES and ICP-MS. *Brazilian Archives of Biology and Technology* 48, 681–687.

- Segal, I. – Halicz, L. 2005: Provenance studies in archaeometallurgy using lead isotope ratio determination by Q-ICP-MS and MC-ICP-MS. *Israel Journal of Earth Sciences* 54, 87–96.
- Shennan, S. 1995: Bronze Age copper producers of the Eastern Alps. Excavations at St. Veit- Klingenberg. *Universitätsforschungen zur prähistorischen Archäologie* 27. Bonn: Habelt Verlag.
- Schönlaub, H. P. 1980: Die Grauwackenzone. In: Geologischen Bundesanstalt Hrgs., *Der Geologische Aufbau Österreichs*, Wien – New York: Springer-Verlag, 265–289.
- Schreiner, M. 2007: Erzlagerstätte im Hronal, Slowakei. Genese und prähistorische Nutzung. *Forschungen zur Archäometrie und Altertumswissenschaft* 3. Rahden/Westf.: Verlag Marie Leidorf.
- Sklenář, K. 1987: Hradiště na Plešivci v počátcích archeologického výzkumu. *Vlastivědný sborník Podbrdská* 38–39, 269–272.
- Skutil, J. 1972: Moravské příspěvky k pravěkému a časné historickému poznání domácí rudní těžby a zpracování kovů. Blansko: Okresní vlastivědné museum.
- Smejtek, L. 1987: Vývoj osídlení Příbramska v mladším pravěku a jeho vztah k přírodnímu prostředí. *Vlastivědný sborník Podbrdská* 38–39, 313–367.
- Sperber, L. 2004: Zur Bedeutung des nördlichen Alpenraumes für die spätbronzezeitliche Kupferversorgung in Mitteleuropa mit besonderer Berücksichtigung Nordtirols. In: G. Weisgerber – G. Goldenberg Hrgs., *Alpenkupfer – Rame delle Alpi. Der Anschnitt. Zeitschrift für Kunst und Kultur im Bergbau, Beiheft 17*, Bochum: Deutsches Bergbau-Museum Bochum, 303–345.
- Stöllner, T. 2008: Montan-Archeology and Research on Old Mining: Just a Contribution to Economic History?. In: Ü. Yalçın Hrgs., *Anatolian Metal IV. Der Anschnitt. Zeitschrift für Kunst und Kultur im Bergbau, Beiheft 21*, Bochum: Deutsches Bergbau-Museum Bochum, 149–178.
- Stöllner, T. 2009: Prähistorische Montanreviere der Ost- und Südalpen – Anmerkungen zu einem Forschungsstand. In: K. Oegg – M. Prast Hrgs., *Die Geschichte des Bergbaus in Tirol und seinen angrenzenden Gebieten. Proceedings zum 3. Milestone-Meeting des SFB HiMAT vom 23.–26. 10. 2008 in Silbertal*, Innsbruck: Universität Innsbruck, 37–60.
- Stöllner, T. 2015: Die alpinen Kupfererzreviere: Aspekte ihrer zeitlichen, technologischen und wirtschaftlichen Entwicklung im zweiten Jahrtausend vor Christus. In: T. Stöllner – K. Oegg Hrgs., *Bergauf Bergab. 10 000 Jahre Bergbau in den Ostalpen. Wissenschaftlicher Beiband zur Ausstellung im Deutschen Bergbau-Museum Bochum vom 31. 10. 2015 – 24. 4. 2016, im vorarlberg museum Bregenz vom 11. 6. 2016 – 26. 10. 2016. Veröffentlichung aus dem Deutschen Bergbau-Museum Bochum Nr. 207*, Bochum: Verlag Marie Leidorf, 99–105.
- Stöllner, T. – Breitenlechner, E. – Eibner, C. – Herd, R. – Kienlin, T. – Lutz, J. – Maass, A. – Nicolussi, K. – Pichler, T. – Pils, R. – Röttger, K. – Song, B. – Taube, N. – Thomas, P. – Thurner, A. 2011: Der Mitterberg – Der Großproduzent für Kupfer im östlichen Alpenraum während der Bronzezeit. In: G. Goldenberg – U. Töchterle – K. Oegg – A. Krenn-Leeb Hrgs., *Forschungsprogramm HiMAT – Neues zur Bergbaugeschichte der Ostalpen. Archäologie Österreichs Spezial 4*, Wien: Österreichische Gesellschaft für Ur- und Frühgeschichte, 113–144.
- Stránský, K. – Salaš, M. 1987: Příspěvek k poznání výroby mědi v době bronzové. In: J. Merta ed., *Zkoumání výrobních objektů a technologií archeologickými metodami 4*, Brno: Technické muzeum, 11–23.
- Stuchlík, S. 1981: Depot středodunajské mohylové kultury z Mušova. *Archeologické rozhledy* 33, 361–370.
- Thomas, P. 2009: Grubenhölzer aus dem prähistorischen Bergbau des Arthurstollens – Methodischer Zugriff und Erkenntniswege. In: K. Oegg – M. Prast Hrgs., *Die Geschichte des Bergbaus in Tirol und seinen angrenzenden Gebieten. Proceedings zum 3. Milestone-Meeting des SFB HiMAT vom 23.–26. 10. 2008 in Silbertal*, Innsbruck: Universität Innsbruck, 243–247.
- Tihelka, K. 1965: Hort- und Einzelfunde der Ünéticer Kultur und des Věteřover Typus in Mähren. *Fontes Archaeologiae Moraviae* IV. Brno: Archeologický ústav ČSAV.
- Tihelka, K. 1966: Ünétický kamenný sekeromlat se žlábkem z Nesovic, okr. Vyškov, a jiné podobné kamenné nástroje z Moravy. *Památky archeologické* 57, 689–694.
- Tihelka, K. 1969: Velatice culture burials at Blučina. *Fontes Archaeologici Pragenses* 13. Pragae: Museum nationale Pragae.
- Točík, A. – Bublová, H. 1985: Príspevok k výskumu zaniknutej ŕažby medi na Slovensku. *Študijné zvesti Archeologického ústavu SAV* 21, 47–135.
- Točík, A. – Žebrák, P. 1989: Ausgrabungen in Špania Dolina-Piesky. Zum Problem des urzeitlichen Kupfererzbergbaus in der Slowakei. In: A. Hauptmann – E. Pernicka – G. A. Wagner eds., *Archäometallurgie der alten Welt. Beiträge zum Internationalen Symposium „Old World Archaeometallurgy“*, Heidelberg 1987. *Der Anschnitt, Beiheft 7*, Bochum: Selbstverlag des Deutschen Bergbau-Museums, 71–78.

- Tomedi, G. – Staudt, M. – Töchterle, U. 2013:* Zur Bedeutung des prähistorischen Bergbaus auf Kupfererze im Raum Schwaz-Brixlegg. In: Montanwerke Brixlegg AG – K. Oeggel – V. Schaffer Hrsg., *Cuprum Tyrolense. 5550 Jahre Bergbau und Kupferverhüttung in Tirol*, Innsbruck: Edition Tirol, 55–70.
- Trampuž-Orel, N. 1995:* Spectrometric research of the Late Bronze Age Hoard Finds. In: B. Teržan ed., *Hoards and Individual metal finds from Eneolithic and Bronze Age Slovenia II. Katalogi i Monografije* 30, Ljubljana: Narodni Muzej, 165–258.
- Trapp, M. 1879:* Funde in Mähren. Mittheilungen der k. k. Zentralkommission zur Erforschung und Erhaltung der kunst- und historischen Denkmale, N. F. V, 105–110.
- Trebsche, P. 2015a:* Urnenfelderzeitlicher Kupferbergbau in Niederösterreich. In: T. Stöllner – K. Oeggel Hrsg., *Bergauf Bergab. 10 000 Jahre Bergbau in den Ostalpen. Wissenschaftlicher Beiband zur Ausstellung im Deutschen Bergbau-Museum Bochum vom 31. 10. 2015 – 24. 4. 2016, im Vorarlberg museum Bregenz vom 11. 6. 2016 – 26. 10. 2016. Veröffentlichung aus dem Deutschen Bergbau-Museum Bochum Nr. 207*, Bochum: Verlag Marie Leidorf, 209–214.
- Trebsche, P. 2015b:* Zur Absolutdatierung der urnenfelderzeitlichen Kupfergewinnung im südöstlichen Niederösterreich. *Archäologisches Korrespondenzblatt* 45, 41–60.
- Tropper, P. – Krismer, M. – Baumgarten, B. 2015:* Die Erzminerale des historischen Bergbaues in Tirol. In: T. Stöllner – K. Oeggel Hrsg., *Bergauf Bergab. 10 000 Jahre Bergbau in den Ostalpen. Wissenschaftlicher Beiband zur Ausstellung im Deutschen Bergbau-Museum Bochum vom 31. 10. 2015 – 24. 4. 2016, im vorarlberg museum Bregenz vom 11. 6. 2016 – 26. 10. 2016. Veröffentlichung aus dem Deutschen Bergbau-Museum Bochum Nr. 207*, Bochum: Verlag Marie Leidorf, 19–27.
- Turek, J. – Daněček, V. 2000:* Únětické sekeromlaty se sedlovitým žlábkem v Čechách. Kamenné symboly v době bronzu?. *Pravěk NŘ* 10, 251–260.
- Tylecote, R. F. 1976:* Properties of Copper Ingots of Late Bronze Age Type. In: M. Mitscha-Märheim – H. Friesinger – H. Kerchler Hrsg., *Festschrift für Richard Pittioni zum siebzigsten Geburtstag II. Industrie-archäologie und Metalltechnologie. Römerzeit, Frühgeschichte und Mittelalter. Sonstiges. Archaeologia Austriaca, Beiheft 14*, Wien: Franz Deuticke, 157–171.
- Vobecký, M. – Fikrlé, M. 2011:* Jaroslav Frána. In: R. Korený ed., *Doba popelnicových polí a doba halštatská. Příspěvky z XI. konference, Příbram 7.–10. 9. 2010. Sborník prací věnovaný Jaroslavu Fránovi. Podbrdsko – Miscelania 2, Příbram: Hornické muzeum Příbram, 5.*
- Waldhauser, J. 1985:* Ziskávání mědi a její tavba v keltských Čechách během pozdního halštatu a v latěnu. In: J. Majer ed., *Studie z dějin hornictví* 16, Praha: Národní technické muzeum v Praze, 46–88.
- Waldhauser, J. 1987:* Čtyřúhelníkové valy u Třebeska na Příbramsku (Příspěvek k hypotéze J. V. Bezděky o vztahu keltských kultovních míst k dolování). *Vlastivědný sborník Podbrdsko* 38–39, 279–312.
- Weber, L. – Pausweg, F. – Medvenitsch, W. 1972:* Zur Mitterberger Kupfervererzung (Mühlbach/Hochkönig, Salzburg). *Mitteilungen der Österreichischen Geologischen Gesellschaft* 65, 137–158.
- Weisgerber, G. 2004:* Schmelzanlagen frühen Kupfergewinnung – ein Blick über die Alpen. In: G. Weisgerber – G. Goldenberg eds., *Alpenkupfer – Rame delle Alpi. Der Anschnitt. Zeitschrift für Kunst und Kultur im Bergbau, Beiheft 17*, Bochum: Deutsches Bergbau-Museum, 15–36.
- Young, S. M. M. – Budd, P. – Haggerty, R. – Pollard, A. M. 1997:* Inductively coupled plasma-mass spectrometry for the analysis of ancient metals. *Archaeometry* 39, 379–392.
- Zachar, T. – Struhár, V. 2017:* Bronzová dýka s jazykovitou rukovětou zo Španej Doliny – Pieskov. *Pravěk NŘ* 25, 53–82.
- Žápotocký, M. 1982:* Lovosice a oblast České brány – starobronzová sídelní koncentrace s doklady kovliectví. *Archeologické rozhledy* 34, 361–405, 465.
- Zschocke, K. – Preuschen, E. 1932:* Das urzeitliche Bergbauggebiet von Mühlbach-Bischofshofen. *Materialien zur Urgeschichte Österreichs* 6. Wien: Selbstverlag der Anthropologischen Gesellschaft.
- Žebrák, P. 1986:* Další doklady pravěké těžby mědi v Španí Doline – Piescích. *Archeologické výskumy a nálezy na Slovensku v roku 1985*, 256.
- Žebrák, P. 1991:* Výzkum ve Španí Dolině – Piescích a problémy pravěké těžby mědi na Slovensku. In: J. Waldhauser ed., *Rozpravy Národního technického muzea v Praze* 122. *Studie z dějin hornictví* 21, Praha: Národní technické muzeum v Praze, 29–47.
- Žebrák, P. 1995:* The traces of the primary mining of non-ferrous metals in Slovakia. In: P. Petrovič – S. Đurđekanić eds., *Ancient mining and metallurgy in southeast Europe. International Symposium, Donji Milanovac, May 20–25, 1990, Bor – Belgrade: Archaeological institute, Museum of Mining and Metallurgy*, 13–19.
- Žebrák, P. – Bednár, P. 1992:* Prieskumy zaniknutých banských diel. *Archeologické výskumy a nálezy na Slovensku v roku 1990*, 104.

The provenance of copper ore in Moravia in the Late Bronze Age based on metal hoards from Blučina and Borotín

The study presents the results of efforts to establish the provenance of copper ore based on six copper ingots from the Blučina 1 and Borotín hoards discovered in south Moravia (*fig. 1: 1, 2*). Chronologically, both hoards date to the Late Bronze Age: the Blučina 1 hoard represents phase B D1, the Borotín hoard phase Ha A1 (*Salaš 2005*). The values of the chemical elements were established using the ICP-MS method in combination with ICP-OES (*dos Santos et al. 2005; Young et al. 1997*). The use of these methods provides more precise results than XRF or spectral analysis (*tab. 1*). Stable lead isotopes ($^{207/206}\text{Pb}$, $^{208/206}\text{Pb}$, $^{206/204}\text{Pb}$, $^{207/204}\text{Pb}$) were measured using the standard MC-ICP-MS method (*Niederschlag et al. 2003*).

The results of the chemical analysis confirmed that the ingots were composed of copper without a tin alloy (*tab. 1; Salaš – Stránský – Winkler 1993*, 61–72). The ingots represent a primary metallurgy product suitable for determining provenance. The elements Cu, Ni, As, Pb, Bi, Ag and Sb were included in the hierarchical cluster analysis for establishing the material groups of individual ingots (*Krause 2003*, 14–29). Three clusters were identified (*fig. 2*). The order of the elements Ni, As, Ag and Sb in individual clusters made it possible to establish the material groups used in the Late Bronze Age in central Europe (*Pernicka 1999*, 169; *Sperber 2004*, 317). Based on the sequence of elements, cluster 1 represents ingot material made from chalcopyrite ore (Ni>As>Sb>Ag, As>Ni>Ag>Sb, Sb>Ni>As>Ag). This type of copper can be designated as Eastern Alpine copper (*Pernicka – Mehofer 2013*, 42, 54, *Tab. 3*). Clusters 2 and 3 are composed of tetrahedrite copper (Sb>Ag>Ni>As, Sb>As>Ag>Ni).

Stable lead isotopes were used to determine the origin of the copper ore of the two ingots (*fig. 2: cluster 1*) from the Blučina 1 hoard in the Eastern Alps. The geochemical signature in the form of copper of the Eastern Alpine type matches well with loads of chalcopyrite in the Mitterberg region (*fig. 1: 9*). The copper ingots from the Blučina 1 (B D1) hoard can be linked to the southern mining district of Arthurstollen on the Brandergang vein (*fig. 4; Stöllner 2015*, 102). The third ingot from Blučina 1 (*fig. 2: cluster 2*) was cast from tetrahedrite ore. The values of stable lead isotopes have not yet made it possible to connect the material with any known tetrahedrite deposit in Central Europe. The possible distribution of part of the copper ore to Moravia in the Late Bronze Age from the Western Carpathians will have to be documented with additional analyses (*Schreiner 2007*). Certain changes are observed in the chemical composition of copper ingots from the Borotín hoard compared to earlier phase B D1. Ingot 118624 (*fig. 2: cluster 1*) documents the use of Eastern Alpine chalcopyrite in phase Ha A1. However, the deposit is no longer in the southern district in Mitterberg (Arthurstollen), where extraction is gradually reduced (*Pernicka – Lutz – Stöllner 2016*, 28), but in a prehistoric mining district in the Eastern Alps about which nothing else is known. A decrease in the importance of copper made from chalcopyrite ore is also confirmed by two ingots from Borotín made from tetrahedrite ore (*fig. 2: cluster 3*). The provenance (*fig. 6*) of this type of copper was identified on the lower part of the Inn River in the Schwaz/Brixlegg region in the Eastern Alps (*fig. 1: 13*).

Knowledge of the use of individual types of copper for the ingots in the Blučina 1 and Borotín hoards is also confirmed by chemical analyses from the Eastern Alps and the Upper Danube Region, where the replacement of chalcopyrite copper with tetrahedrite copper is recorded beginning in phase Ha A (*Pernicka – Lutz – Stöllner 2016*, 39; *Sperber 2004*, 316–317, *Abb. 7, Tab. 2*). The character of the distribution of copper indicates that the territory of today's Moravia was part of a broader Eastern Alpine metallurgical sphere in phases B D and Ha A1 (*Frána – Jiráň 1998*, 218–220; *Frána et al. 1997*, 182–183).

English by David J. Gaul