

## **Příspěvek k problematice distribuce středoslovenské mědi na Moravě v mladší době bronzové na příkladě kovových depotů Blučina 1 a Blučina 13**

**Contribution to the issues of the distribution of copper  
from central Slovakia in Moravia in Late Bronze Age  
on the example of the metal hoards Blučina 1 and Blučina 13**

Tomáš Zachar – Milan Salaš

*Dnešní moderní, jakož i starší prvkové analýzy kovových artefaktů na bázi mědi z období staršího eneolitu a starší doby bronzové dokládají v západní části středního Podunají, a tedy i na území dnešní Moravy, rozšíření měděné suroviny původem kromě východních Alp a jihovýchodní Evropy také z oblasti Západních Karpat. V uvedených obdobích jde o měď pocházející z tetraedritové rudy. V daném kontextu se nabízí otázka, jaký význam sehrávala na Moravě měď západokarpatské provenience při produkci bronzové industrie v období popelnicových polí. Prvkové a izotopové analýzy měděných slitků z depotu Blučina 1 z mladší doby bronzové prokázaly jejich tetraedritovou chemickou signaturu. Tento poznatek autoři předkládaného článku doplnili o další analýzy slitků z depotů Blučina 1 a 13 metodou ICP-MS a ICP-OES a také analýzami stabilních izotopů olova. Na základě získaných výsledků je diskutována otázka provenience tetraedritové měděné suroviny z ložisek ležících v Západních Karpatech a východních Alpách.*

*měděné slitky – ICP-MS/ICP-OES – analýza stabilních izotopů olova – provenience mědi – tetraedrit – Morava – Západní Karpaty – mladší doba bronzová*

*Current modern, as well as older elemental analyses of metal artefacts from the period of Early Copper and Early Bronze Age are showing the distribution of copper material, originating in the area of Western Carpathians, in the western part of central Danube area, i.e. in the area of current Moravia, with the exception of Eastern Alps and south-east Europe. In all above mentioned chronological periods it is a copper from West Carpathians area coming from tetrahedrite ore. In given context appears a question of the importance of the copper from West Carpathians area in Moravia in times of peak production of bronze industry in the period of Urnfields cultures. Basic results of chemical and isotope analyses of the hoard Blučina 1 from the Late Bronze Age, uncovered in South Moravia show the presence of copper with tetrahedrite chemical structure. The authors of submitted article decided to add another analyses of metal ligatures by the methods ICP-MS and ICP-OES, as well as the analyses of stable isotopes of hoard 1 and 13 from Blučina to this known fact. On the basis of the results, the authors of the article are discussing the origin of the tetrahedrite copper material from the deposits in the Western Carpathians and Eastern Alps.*

*copper ingots – ICP-MS/ICP-OES – lead isotope analysis – copper provenance – fahlore copper – Moravia – West Carpathians – Late Bronze Age*

### 1. Úvod

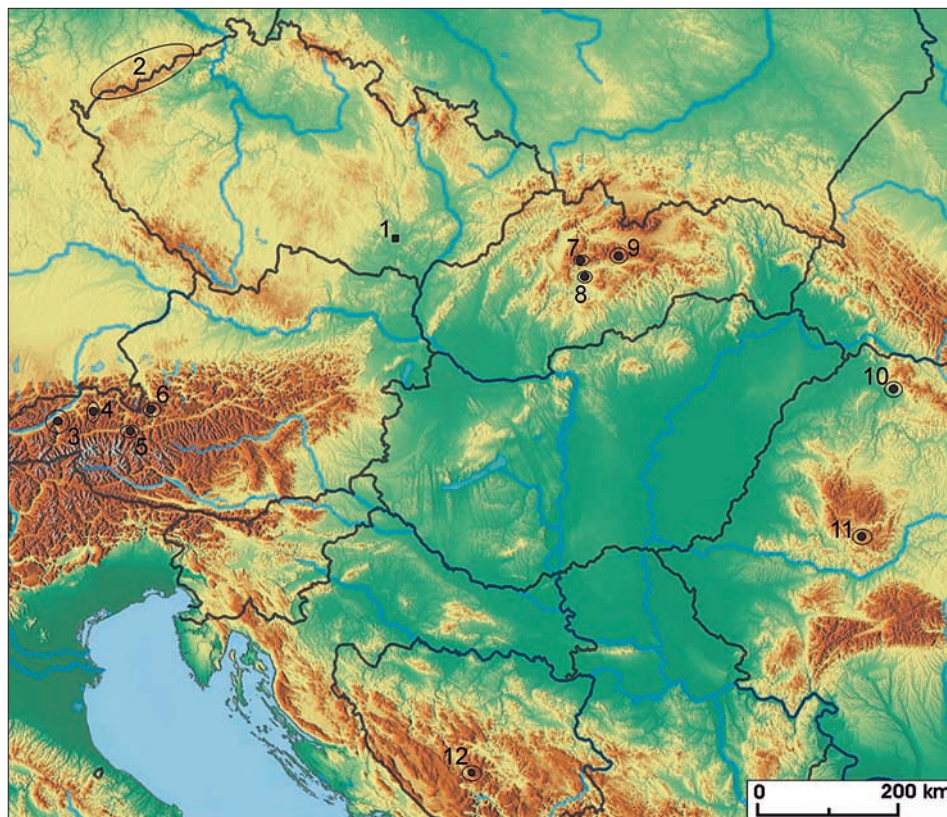
Pro období staršího metalika je pro území historické Moravy a českého Slezska obecně akceptován názor, že i přes případné lokální zdroje mědi sem musela být v eneolitu i v průběhu celé doby bronzové většina měděné suroviny importována (*Novotná 1955a*, 510; *Págo 1964*, 87; *Salaš 2005*, 127; *Stuchlík 1975*, 6; *1993*, 355). Při základním vyhodnocení prvkových a izotopových analýz slitků v moravských depotech z mladší doby bronzové

Blučina 1 a Borotín bylo zjištěno, že část měděné suroviny se kromě očekávaných východoalpských chalkopyritových zdrojů (např. Mitterberg, Kitzbühel, Viehofen: *Stöllner 2015*, 102–103, Abb. 9) vyznačuje tetraeditovou chemickou signaturou, tvořící dvě odlišné materiálové skupiny. Měděné plankonvexní slitky z depotu v Borotíně svým složením nejlépe odpovídají známým ložiskům tetraeditu v severotyrolské oblasti Schwaz/Brixlegg. Chemické složení slitku inv. č. 57941 z hromadného nálezu Blučina 1 však naznačuje spíše původ v měděných rudách ze španodolinského rudného revíru na středním Slovensku (*Zachar – Salaš 2018*, 50–55, obr. 2, 5, 6). Cílem předkládaného příspěvku je s ohledem na výše uvedené poznatky ověřit na území dnešní Moravy distribuci měděné suroviny původem ze Západních Karpat počátkem mladší doby bronzové na příkladě kovových depotů Blučina 1 a 13. Soubor Blučina 1 tvoří celkem 34 artefaktů včetně 10 slitků, depot č. 13 z Blučiny představuje celkem 361 předmětů, zahrnujících také 226 fragmentů kovových slitků s celkovou hmotností 9,75 kg (*Salaš 2005*, 128, 285–286, 296–304, obr. 20, 130; tab. 80–83). Zmíněné depoty pocházejí z výšinné lokality Cezavy u Blučiny na jižní Moravě (obr. 1: 1), odkud známe též dalších 16 hromadných nálezů datovaných shodně do stupně BD I (depotový horizont a časně popelnicový stupeň Blučina; *Salaš 2005*, 138–140, obr. 24).

## 2. Přehled názorů na existenci slovenské mědi na Moravě v pravěku

V období staršího eneolitu byla na území Moravy i v přilehlých oblastech Čech a Slezska na výrobu kovových artefaktů vedle mědi jihovýchodní (např. Ai Bunar, Majdanpek; *Frank – Pernicka 2012*, 129–131, fig. 5.9; *Pernicka et al. 1997*, 143–146) používána také surovina, jejíž původ bývá oprávněně hledán v oblasti Západních Karpat, konkrétně na středním Slovensku v metalogenním regionu okolí obce Špania Dolina. Z pohledu chemické charakteristiky jde zejména o skupinu antimonové mědi, označovanou ve starší literatuře i jako měď typu Nógrádmarcál, a tetraeditovou měď, nazývanou v minulosti i typem Handlová (*Dobeš 2013*, 106–111; *Kuna 1981*, 41–48; *Nevizánsky – Šalkovský – Zachar 2017*, 42–44; *Novotná 1973*; *Schalk 1998*, 125–126; *Schreiner 2007*, 173–176). Tetraeditová ložiska v severotyrolské hornické oblasti Schwaz/Brixlegg ve východních Alpách byla již v tomto období také využívána, ale jejich význam byl podle současného stavu bádání spíše regionální (*Höppner et al. 2005*, 311–312).

S ohledem na výše uvedené poznatky se jeví jako zajímavá situace v následující době bronzové. Již v meziválečném období se setkáváme s tvrzením o původu mědi únětických hřiven nalezených v Čechách z území historických Uher (*Schránil 1921*, 14) či přímo dnešního Slovenska (*Childe 1927*, 80, 89–90), ale také se seriózními názory o provenienci suroviny ve starší době bronzové z oblastí východních Alp (*Reinecke 1930*, 108–110, Abb. 1). Názor o východoalpském původu, vycházející zejména z prostorového rozšíření a různých prvkových analýz měděných kruhových hřiven a žeber, ve velkém počtu depovaných ve starší době bronzové na horním až středním Podunají (pro Moravu *Tihelka 1965*, 61–67, Taf. 27) a rovněž v horním Polabí, převládl v poválečném období (např. *Bath-Bílková 1973*, 26–30, obr. 1, 2, 6; *Hájek 1954*, 177; *Jílková 1952*, 138–139, 143; obr. 76; *Pleiner – Rybová a kol. 1978*, 355) a trvá prakticky dodnes (např. *Jiráň et al. 2008*, 49; *Frána – Chvojka – Fikrle 2009*, 110, 112, 113; *Krause 2003*, 161, Abb. 127, 128;



Obr. 1. Lokalita Blučina (1) na jižní Moravě a předpokládané (2, 8–12), jakož i doložené (3–7) prehistorické hornické regiony zmiňované v textu. Podklad: www.stepmap.com.

Fig. 1. Site Blučina (1) in South Moravia and assumed (2, 8–12) and documented (3–7) prehistoric mining regions listed in the text.

1 – Blučina; 2 – Krušné hory/Erzgebirge, Vogtland; 3 – Schwaz/Brixlegg; 4 – Kitzbühel; 5 – Viehofen; 6 – Mitterberg; 7 – Špania Dolina; 8 – Poniky; 9 – Vyšná Boca; 10 – Baia Mare; 11 – Bucium; 12 – Gornji Vakuf – Uskoplje.

*Pernicka 2010, 725–726, Abb. 5*). Výsledky spektrálních analýz, provedených zejména v 50. a 60. letech minulého století tzv. Vídeňskou pracovní skupinou (k dějinám *Pernicka 2014, 241–242*), poukázaly kromě významu východoalpských chalkopyritových ložisek i na využívání mědi východního původu (něm. Ostkupfer), pocházející podle dobových názorů z blíže nelokalizovaných hornických regionů ležících v karpatském oblouku (*Neu-ninger – Pittioni 1963, 34–38; Pittioni 1957, 66, Karte; 1964, 85–86*). Na základě metodiky rakouských kolegů se k provenienci měděné suroviny vybraných moravských depotů hřiven vyjádřili i moravští badatelé, kteří upozorňovali na původ jak z východoalpských, tak z karpatských měděných zdrojů (*Págo 1964, 87–88, 90; 1965, 96–97; 1968, 245–246; Tihelka 1965, 83*). Mladší analýzy, realizované v 80. letech 20. století, vyloučily původ tohoto typu mědi v karpatské oblasti a přinesly zjištění, že se jedná o východoalpskou tetraedritovou měď s původem v báňské oblasti Schwaz/Brixlegg, ležící na dolním toku

řeky Inn v dnešním rakouském Tyrolsku (*Christoforidis – Pernicka – Schickler 1988*, 533–536; k tomu již *Novotná 1961*, 37–39, 41). I přes tato nová zjištění potvrzují poslední analýzy artefaktů ze starší doby bronzové, že s měděnou surovinou pocházející z území Západních Karpat můžeme ve starší době bronzové ve středním Podunají počítat (*Dubrow – Pernicka – Krenn-Leeb 2009*, 343–345, fig. 10–13; *Pernicka 2017*, 178).

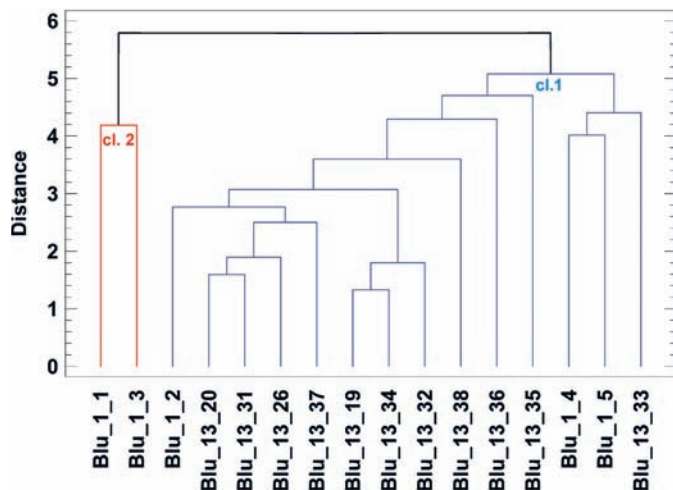
Zajímavě až kontroverzně se vyvíjejí hypotézy o provenienci měděné suroviny v českých zemích pro období vrcholu produkce bronzové industrie v závěru střední doby bronzové a zejména v období popelnicových polí. Vedle možného původu mědi jak z alpských, tak karpatských zdrojů (*Kytlicová 2007*, 221–222; *Salaš 1986*, 157; *Stránský – Salaš 1987*, 17; *Salaš – Stránský – Winkler 1989*, 63; 1993, 71; též *Podborský 1974*, 66–67; *Sklenář – Sklenářová – Slabina 2002*, 195–196) se objevují hypotézy o dominanci východoalpských ložisek (*Frána – Jiráň 1998*, 218–220; *Frána et al. 1997*, 182–183; Abb. 3–4; *Chvojka 2010*, 125; *Jiráň 2000*, 66; *Pittioni 1954*, 528–529), přičemž od střední nebo mladší doby bronzové mohla být alpská měď nahrazována rudními surovinami ze Slovenska, případně Sedmíhradska (*Chmelíková 2014*, 19; *Kytlicová 1976*, 105–109; *Majer 2004*, 20; *Pleiner – Rybová a kol. 1978*, 546).

### 3. Prvková analýza a stanovení materiálových skupin

Prvková analýza celkem 16 kovových slitků z depotů Blučina 1 a 13 byla provedena standardní metodou hmotnostní spektrometrie s indukčně vázanou plasmou (ICP-MS), doplněnou o emisní spektrometrii (ICP-OES; *dos Santos et al. 2005*; *Young et al. 1997*). Zmíněné analytické metody jsou běžně užívány při prvkových analýzách prehistorických artefaktů (*Danielisová – Strnad – Mihaljevič 2018*, 8; *Kadar 2011*, 125–126; *Rychner – Kläntschi 1995*, 14–16; *Trampuž-Orel et al. 1991*, 267). Výsledky měření pro tři vzorky slitků z hromadného nálezu Blučina 1 (označení Blu1-1 až Blu1-3) byly přebrány z poslední práce autorů článku (*Zachar – Salaš 2018*, 48–49, tab. 1). V případě mědi byly hodnoty u 13 nově analyzovaných slitků (vzorky Blu1-4-5; Blu13-19-38) stanoveny pomocí metody ICP-OES (tab. 1). Hodnoty jednotlivých prvků získaných pomocí ICP-MS/OES byly srovnány s výsledkem neutronové aktivační analýzy (NAA; k metodice viz *Hložek 2008*, 25, 26, 185–186; *Renfrew – Bahn 2012*, 356–359) provedené na části ingotů ze souboru Blučina 13 v první polovině 90. let (*Frána et al. 1997*, 161). Pro ověření případného intencionálního legování a také možných extrémních hodnot bylo vykonáno i rentgen-fluorescenční měření (XRF). Vzhledem k metodice XRF, využívající analýzu povrchu předmětu, se za směrodatné považují výsledky z ICP-MS/OES nebo NAA (*Pillay 2001*, 595). Výsledky měření potvrdily předpoklad, že v případě slitků se jedná o měděné polotovary s obsahem 91,64 až 97,74 % mědi za přítomnosti max. 0,12 % cínu, což představuje přirozený obsah cínu v primární rudě. Předkládané analýzy tak potvrdily starší (*Bachmann et al. 2003*, 81–90; *Czajlik – Sólymos 2002*, 319–324; *Frána et al. 1995*, 168–169, 193; 1997, 55–61, fig. 9; *Mozsolics 1985*, 35–40; *Salaš 2005*, 16, 127–128; *Salaš – Stránský – Winkler 1993*, 61–72), jakož i novější poznatky (*Chvojka 2009*, 105–106; *Malach – Štrof – Hložek 2016*, 5–12, 214–237, tab. 1–14; *Parma a kol. 2017*, 87, 91, tab. 4.5; *Pernicka – Mehofer 2013*, 48–59, Tab. 1–3; *Zachar – Salaš 2018*, 48, 50, tab. 1; *Zachar – Bartík – Farkaš 2019*, 106–107, tab. 1), že většina kovových slitků kultur popelnicových polí ve střední Evropě nepochází z recyklace bronzových předmětů (např. *Mozsolics 1981*),

Vzorek	inv. č. MZM	literatura	typ analýzy	Fe %	Co %	Ni %	Cu %	Zn %	As %	Ag %	Sn %	Sb %	Au %	Pb %	Bi %	Se %	Te %
Bluč1-1	57939	<i>Salaš 2005, 286, tab. 44:25</i>	ICP-MS/OES	<b>2,42</b>	n	<b>1,42</b>	<b>93,4</b>	0,0027	<b>0,376</b>	0,00438	0,011	<b>0,07</b>	n	0,008	0,00017	n	n
Bluč1-1	57939		XRF	2,66	n	1,4155	89,4	LOD	4,35	LOD	LOD	0,0357	n	0,0081	LOD	n	n
Bluč1-2	57941	<i>Salaš 2005, 286, tab. 44:27</i>	ICP-MS/OES	<b>0,59</b>	n	0,027	<b>96,6</b>	<b>0,1606</b>	0,021	0,0554	0,023	0,21	n	0,34	0,039	n	n
Bluč1-2	57941		XRF	0,7	n	0,0244	97,3	LOD	LOD	LOD	0,0092	0,1534	n	0,1965	0,00151	n	n
Bluč1-3	57942	<i>Salaš 2005, 286, tab. 44:28</i>	ICP-MS/OES	<b>1,95</b>	n	<b>0,297</b>	<b>95,4</b>	0,0041	<b>0,167</b>	0,0055	0,008	<b>0,335</b>	n	0,0083	0,00035	n	n
Bluč1-3	57942		XRF	2,09	n	0,2975	95	LOD	2,17	0,00452	LOD	0,3232	n	0,0094	LOD	n	n
Bluč1-4	57944	<i>Salaš 2005, 286, tab. 44:30</i>	ICP-MS/OES	2,365	0,0365	0,0417	<b>94,50</b>	LOD	LOD	0,0974	0,1266	LOD	0,0021	1,3024	0,01	0,0011	LOD
Bluč1-4	57944		NAA	n	n	n	n	n	n	n	n	n	n	n	n	n	n
Bluč1-4	57944		XRF	2,91	0,0503	0,0145	89,9	LOD	LOD	0,101	1,01	LOD	LOD	6,4	LOD	LOD	LOD
Bluč1-5	57948	<i>Salaš 2005, 286, tab. 44:33</i>	ICP-MS/OES	0,6842	0,0507	0,0435	<b>92,0628</b>	LOD	0,0417	0,195	0,0599	0,0945	0,0012	3,8919	0,026	0,0023	LOD
Bluč1-5	57948		NAA	n	n	n	n	n	n	n	n	n	n	n	n	n	n
Bluč13-19	110140		XRF	0,914	0,0596	LOD	81,2	0,993	0,0659	0,217	1,05	0,0949	LOD	15,4	LOD	LOD	LOD
Bluč13-19	110140	<i>Salaš 2005, 301, 303, obr. 130</i>	ICP-MS/OES	0,3137	0,0218	0,0256	<b>96,6944</b>	0,0457	LOD	0,0415	0,0327	LOD	0,0003	0,0651	0,0184	0,0028	LOD
Bluč13-19	110140		NAA	n	n	n	n	n	n	n	n	n	n	n	n	n	n
Bluč13-20	110135		XRF	0,453	0,0269	LOD	98,7	LOD	LOD	0,0438	0,748	LOD	LOD	LOD	LOD	0,0103	LOD
Bluč13-20	110135	<i>Salaš 2005, 301, 303, obr. 130</i>	ICP-MS/OES	1,1123	0,0274	0,0001	96,7892	0,3197	LOD	0,0822	0,0086	0,0441	0,00086	0,7476	0,0144	0,0021	LOD
Bluč13-20	110135		NAA	1,19	0,0303	0,017	98,2	0,443	0,03	0,076	LOD	0,049	0,00014	n	n	n	n
Bluč13-26	110138		XRF	1,2500	0,0324	LOD	96,2	0,725	0,0645	0,0913	LOD	0,0702	LOD	1,0700	LOD	LOD	LOD
Bluč13-26	110138	<i>Salaš 2005, 301, 303, obr. 130</i>	ICP-MS/OES	0,9422	0,0456	0,0326	<b>95,8816</b>	0,4449	LOD	0,0803	LOD	0,2091	0,0005	0,8056	0,0202	0,0017	LOD
Bluč13-26	110138		NAA	1,03	0,0425	0,049	98,1	0,497	0,035	0,09	LOD	0,235	0,00059	n	n	n	n
Bluč13-26	110138		XRF	0,967	0,0379	LOD	95,4	0,897	LOD	0,0701	0,757	LOD	1,71	LOD	LOD	LOD	LOD
Bluč13-31	110029	<i>Salaš 2005, 299, 303, obr. 130</i>	ICP-MS/OES	0,7243	0,0311	0,0226	<b>97,7473</b>	0,2283	LOD	0,0712	0,0102	0,0671	0,0001	0,3233	0,033	0,0018	LOD
Bluč13-31	110029		NAA	0,91	0,0344	0,039	98,6	0,306	0,03	0,069	LOD	0,075	0,00025	n	n	n	n
Bluč13-31	110029		XRF	0,9800	0,0403	0,0241	97,2	LOD	0,0293	0,0621	0,0187	LOD	0,0766	LOD	0,3640	0,0607	LOD
Bluč13-32	110039	<i>Salaš 2005, 299, 303, obr. 130</i>	ICP-MS/OES	0,4295	0,0169	LOD	<b>96,8716</b>	0,0545	LOD	0,0511	0,0201	LOD	0,0001	0,5307	0,0057	0,0046	LOD
Bluč13-32	110039		NAA	0,66	0,0161	0,024	99,1	0,065	0,023	0,068	0,05	0,01	0,00025	n	n	n	n
Bluč13-32	110039		XRF	0,8740	0,0234	0,0174	97,1	LOD	0,0209	0,0579	0,0454	0,0057	LOD	1,7500	LOD	LOD	LOD
Bluč13-33	110046	<i>Salaš 2005, 299, 303, obr. 130</i>	ICP-MS/OES	6,8406	0,0629	0,0418	<b>91,6448</b>	0,0001	0,0001	0,0841	0,0001	0,0001	0,0005	0,6386	0,0074	0,0017	0,0001
Bluč13-33	110046		NAA	4,47	0,0501	0,056	94,8	0,389	0,036	0,093	0,11	0,019	0,00049	n	n	n	n
Bluč13-33	110046		XRF	7,2000	0,0785	0,0169	91,1	LOD	0,0353	0,0943	0,1560	0,0214	LOD	0,7950	LOD	LOD	LOD
Bluč13-34	110143	<i>Salaš 2005, 301, 303, obr. 130</i>	ICP-MS/OES	0,1229	0,0266	LOD	<b>97,6142</b>	0,0656	LOD	0,0448	0,018	0,0307	LOD	0,1919	0,0051	0,0021	LOD
Bluč13-34	110143		NAA	0,27	0,0298	0,02	99,5	0,086	0,05	0,044	LOD	0,041	0,00014	n	n	n	n
Bluč13-34	110143		XRF	0,2740	0,0363	LOD	97,1	LOD	0,0439	0,0433	0,0329	LOD	0,00014	n	n	n	n
Bluč13-35	110151	<i>Salaš 2005, 299, 303, obr. 130</i>	ICP-MS/OES	1,8203	0,0762	0,0121	<b>94,9022</b>	0,4385	0,0233	0,1146	LOD	0,5617	0,0006	0,5701	0,0101	0,0021	LOD
Bluč13-35	110151		NAA	1,98	0,0806	0,033	96,8	0,635	0,029	0,112	LOD	0,455	0,00051	n	n	n	n
Bluč13-35	110151		XRF	1,9800	0,0769	LOD	95,1	0,823	0,0383	0,1410	LOD	0,5617	0,0006	0,8200	0,0279	LOD	LOD
Bluč13-36	110156	<i>Salaš 2005, 299, 303, obr. 130</i>	ICP-MS/OES	0,7188	0,0709	0,0604	<b>95,6398</b>	0,1966	0,3083	0,1026	0,0533	LOD	0,0001	0,8558	0,0304	0,0046	LOD
Bluč13-36	110156		NAA	0,93	0,0832	0,0083	98	0,322	0,432	0,109	0,07	0,008	0,00022	n	n	n	n
Bluč13-36	110156		XRF	1,9210	0,0849	0,0083	97,3	LOD	0,4020	0,1240	0,0904	LOD	0,0206	0,9650	0,0586	LOD	LOD
Bluč13-37	110163	<i>Salaš 2005, 299, 303, obr. 130</i>	ICP-MS/OES	1,9342	0,0315	0,0372	<b>95,72615</b>	0,2085	LOD	0,0856	0,0453	LOD	0,0009	0,3749	0,0405	0,0014	LOD
Bluč13-37	110163		NAA	2,06	0,035	0,06	97,4	0,275	0,016	0,082	0,06	0,026	0,00095	n	n	n	n
Bluč13-37	110163		XRF	2,0700	0,0405	0,0280	96,6	LOD	0,0291	0,1050	0,0788	LOD	LOD	0,7960	0,1150	LOD	LOD
Bluč13-38	110218	<i>Salaš 2005, 302, 303, obr. 130</i>	ICP-MS/OES	1,8679	0,0794	0,0214	<b>95,9386</b>	0,5255	LOD	0,0491	0,0247	LOD	0,0309	0,0605	0,0035	0,0017	LOD
Bluč13-38	110218		NAA	2,18	0,0919	0,036	97,1	0,562	0,015	0,041	LOD	0,031	0,00036	n	n	n	n
Bluč13-38	110218		XRF	2,0500	0,0876	LOD	93,1	0,770	0,0116	0,0482	0,0526	0,0512	LOD	0,0819	0,0097	LOD	LOD

Tab. 1. Výsledky prvkové analýzy měděných slitků z depotů Blučina 1 a 13. Doplněno dle Frána et al. 1997; Zacher – Salaš 2018. Vysvětlivky: LOD – pod detekčním limitem; n – neanalyzováno.  
 Tab. 1. The results of elemental analysis of copper ingots from the Blučina 1 and 13. Amplified after Frána et al. 1997; Zacher – Salaš 2018. Explanations: LOD – below detection limit; n – not analysed.



Obr. 2. Dendrogram hierarchické clusterové analýzy měděných slitků s barevným vyznačením dvou clusterů.

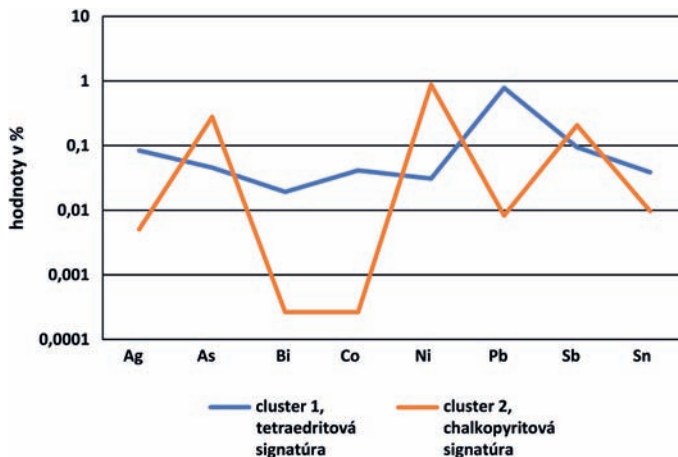
Fig. 2. Dendrogram of hierarchical cluster analysis of copper ingots with colour highlighted two clusters.

ale představuje primární produkty hutnění měděných rud, a že slitky jsou tak vhodným objektem pro hledání provenience měděné suroviny. Jistou anomálií v chemickém složení nacházíme u dvou slitků z analyzované série měděných polotovarů pocházejících z blučinských depotů. V souboru Blučina 1 je to v podobě zvýšeného obsahu olova (vzorek Blu1-5; 3,89 % Pb) a v depotu Blučina 13 zase železa (vzorek Blu13-33; 6,84 % Fe). Přírozený obsah olova v primární měděné rudě bývá nejčastěji do 1 % (Hughes – Northover – Staniaszek 1982, 359), ale může se pohybovat i v rozmezí 1–5 % (Johannsen 2016, 157–158; Pernicka 1990, 54–55; Salaš 1997, 48–49, Abb. 1). Proto nelze v případě zmíněného slitku z Blučiny zodpovědně rozhodnout, zda se může jednat o záměrné legování mědi olovem, které se příležitostně vyskytuje i v mladší době bronzové (srov. např. Korený *et al.* 2010, 168–169, tab. 4, 5). Zvýšený obsah železa v slitku č. 33 (6,84 %) připisujeme nedokonalému procesu zhutňování měděné rudy, kde část železa netransformovala do strusky, ale zůstala zastoupena ve finálním slitku (např. Craddock – Meeks 1987, 202; též Paulin *et al.* 1999). Podobně zvýšený obsah železa v slitcích naznačují i rezavé krusty na povrchu měděných slitků také v dalších depotech, a to nejen z Blučiny (Salaš 2005, 128–129; dále např. Ivančice 6: Salaš 2018, 108; Kubšice, Polešovice, Plzeň-Jíkalka, Praha-Suchdol 2: Frána *et al.* 1995, 77, 124–125, 128–129; Kytlicová 2007, 163–164; Salaš 1997, 47).

Při určení materiálových skupin byla aplikována hierarchická shluková analýza (Krause 2003, 14–29), standardně užívaná při statistickém vyhodnocení různých prvkových a chemických analýz kovových artefaktů (např. Bartík – Schreiner 2010, 22–23, Abb. 3; Kadar 2011, 69–72, 127–131, fig. 11; Parma *a kol.* 2017, 80–91; Pernicka – Mehofer 2013, 42). Do shlukové analýzy jsme zařadili 12 prvků (tab. 1; pro vzorky Blu1–1-3 viz též Zachar – Salaš 2018, 48, tab. 1). Z důvodu již zmíněného zvýšeného obsahu olova ve slitku Blu1-5 z Blučiny 1 a slitku č. 33 z Blučiny 13 nebyly do základního statistického zpracování zařazeny naměřené hodnoty pro prvky olovo a železo. V případě absence hodnot z důvodu nedetekovatelnosti při užití kombinace metod ICP-MS/ICP-OES byly aplikovány údaje (zejména při As, Sb, Au, Sn, Zn, Ni) získané pomocí NAA (tab. 1). Jednotlivé chemické prvky byly normovány na 100 % mědi. Metodou skupinového shlukování jsme získali dendrogram, umožňující vymezení dva samostatné clusteru. Počtem

Obr. 3. Graf průměrných hodnot clusterů suroviny měděných slitků z depotů Blučina 1 a 13.

Fig. 3. Mean values graph of cluster analysis of the raw material of the copper ingots from hoards Blučina 1 and 13.



vzorků (celkem 14) je nejpočetnější cluster 1 (*obr. 2*). Výše zmíněné vyšší zastoupení olova a železa, ovlivňující i celkové chemické složení měděných slitků, reprezentované vzorkem Blu1-5, Blu13-33 a Blu1-4, způsobilo částečně samostatné vymezení v rámci clusteru 1. Hierarchická shluková analýza tak i přes znečištění slitků olovem a železem potvrdila jednotnou materiálovou skupinu mědi v rámci clusteru 1. Cluster 2 zastřešuje dva slitky z depotu Blučina 1 (vzorky Blu1-1 a Blu1-3). Vzájemný vztah naměřených hodnot prvků Ni, As, Ag a Sb umožňuje vyjádřit se k chemickému charakteru měděné suroviny jednotlivých clusterů a stanovit základní materiálové skupiny (*Pernicka 1999*, 169; *Pernicka – Mehofer 2013*, 42; *Rychner – Kläntschi 1995*, 27–29; *Sperber 2004*, 317, Tab. 1; *Trampuž Orel 1995*, 204–208). Chemické složení slitků v clusteru 1 naznačuje dominanci Ag nad Ni ( $Sb > Ag > Ni > As$ ;  $Ag > Ni > Sb / As > As / Sb$ ;  $As > Ag > Sb / Ni \geq Ni / Sb$ ), což umožňuje hledat původ měděné suroviny v tetraedritovém zrudnění. Dva vzorky původem z hromadného nálezu Blučina 1, vytvářející cluster 2, charakterizuje zastoupení prvků ( $Ni > As > Sb > Ag$ ;  $Sb > Ni > As > Ag$ ) blízkých mědi východoalpského typu (*Duberow – Pernicka – Krenn-Leeb 2009*, 342, tab. 2). Provenienci zmíněné geochemické signatury můžeme hledat v chalkopyritové mineralizaci (*Pernicka – Mehofer 2013*, 42, 54, Tab. 3; *Zachar – Salaš 2018*, 48–51, *obr. 2*, tab. 1). Rozdíly mezi jednotlivými clustery dokumentuje i graf průměrných hodnot vybraných chemických prvků. Pro tetraedritové mineralizace (cluster 1) je při srovnání s chalkopyrity typické vyšší zastoupení Ag a nižší hodnoty Ni. Významné jsou i nízké hodnoty Bi a Co u clusteru 2, který reprezentuje chalkopyritovou signaturu (*obr. 3*).

#### 4. Ložiska tetraedritu ve střední Evropě využívaná v mladší době bronzové

Doklad existence materiálové skupiny značné části analyzovaných měděných slitků v inventáři depotů Blučina 1 a 13 na bázi tetraedritu nás nutí zamyslet se, která ložiska geochemicky a mineralogicky odpovídající zmíněnému typu měděné suroviny mohla být ve střední Evropě počátkem mladší doby bronzové těžena, zpracovávána a přirozeně i dále

distribuována. Úvodem kapitoly vyloučíme vzhledem k rozsahu sledované tematiky početná drobná středoevropská ložiska tetraedritu, která svoji oxidační zónou v podobě malachitu a azuritu (např. Únětice – Holý vrch; *Velebil – Dolníček 2018*, 37–39, obr. 2) mohla být zajímavá zejména pro lokální prospektory eneolitu (obdobně Lošonec v Malých Karpatech; *Farkaš – Gregor 2013*, 20). Tyto nevýrazné zdroje tetraedritu mohly být v mladším pravěku ve většině také odtěženy a jejich povrchové výskyty dnes již nemusí existovat, což znemožňuje jejich identifikaci při geochemickém srovnání s prehistorickými artefakty, jak výstižně uvádějí někteří autoři (*Farkaš 1983*, 21–23; *Novotná 1955b*, 81–82). Je třeba také zdůraznit, že v období demografického růstu počátkem mladší doby bronzové tato drobná ložiska mědi velmi pravděpodobně nemohla pokrýt zvýšenou spotřebu suroviny pro výrobu bronzových předmětů (*Zachar – Bartík – Farkaš 2019*, 106–107). Charakter předkládané studie nám nedovoluje podrobněji se zabývat jednotlivými, zatím podrobněji nepublikovanými ložisky měděných rud ve švýcarských Alpách (např. *Cattin et al. 2011*, 1225–1228, tab. 4), stejně jako problematikou měděné suroviny původem z východního Středomoří (ostrov Kypr), s jejíž distribucí, byť v omezené míře, musíme v mladší době bronzové ve střední Evropě také počítat (*Primas – Pernicka 1998*, 60–62; *Soroceanu – Rezi – Németh 2017*, 49–51, Abb. 29).

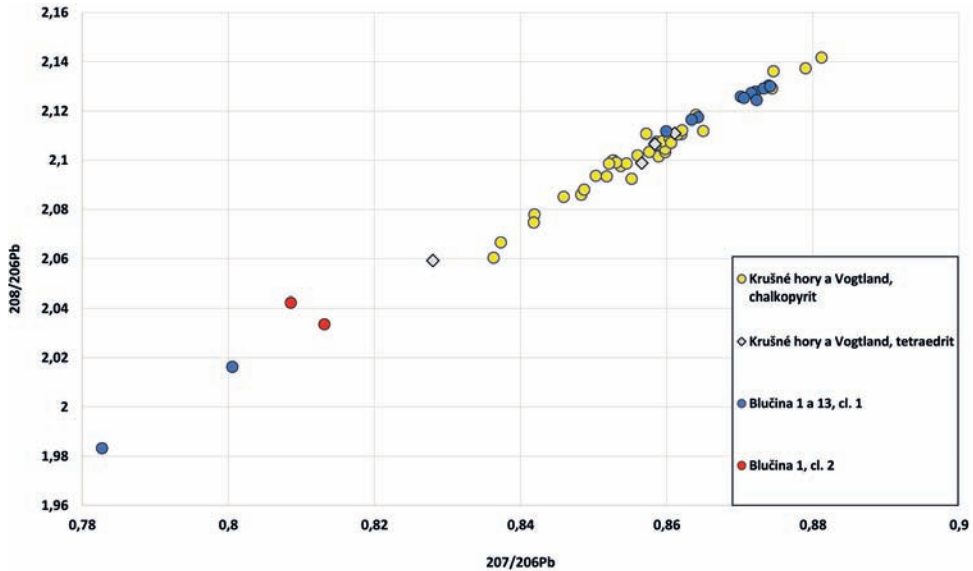
Geograficky nejbližší výskyt představuje již v souvislosti s prehistorickou těžbou mnohokrát zmiňovaný špaňodolinský rudný revír ležící na středním Slovensku v oblasti Starohorských vrchů (*obr. 1: 7*). Přímé doklady prehistorické těžby a zhuňování (*Hanning – Herdits – Silvestri 2015*) měděné rudy v poloze Piesky velmi pravděpodobně překryly pozůstatky po rozsáhlé středověké a novověké těžbě v podobě hald, a prozatím tedy nebyly odkryty (*Kvietok 2014*, 8–9). Početné nálezy především kamenných mlatů či palic se žlábkou (*Točík – Bublová 1985*, 83–99, obr. 18–29), ale také keramiky z doby bronzové (*Točík – Žebrák 1989*, 73), bronzové dýky z období piliňské kultury (*Zachar – Struhár 2017*), jakož i poslední moderní archeometrické analýzy artefaktů zmíněné kultury z oblasti Zvolena (*Modarressi-Tehrani – Garner 2015*, 54–55, fig. 18–19) naznačují, že také oblast Španí Doliny mohla být jedním ze zdrojů měděné suroviny v mladší době bronzové. Měděné zrudnění je zde vázáno na hydrotermálně přeměněné pískovce permského stáří. Mineralogicky měděnému ložisku dominuje tetraedrit s nižšími obsahy stříbra, vizmutu a vyšším zastoupením arzenu (*Novotný – Novák 1966*, 243–246; *Sejkora – Števko – Macek 2013*, 96–101). V souvislosti se středoslovenskými ložisky tetraedritu se musíme zmínit i o výskytech v katastru obce Poniky (*obr. 1: 8*; *Schreiner 2007*, 25–27, 162–172). Měděné mineralizaci v lokalitách Drienok a Farbište, uložené v horninách triasového stáří, dominuje minerál tennantit (*Slavkay 1971*, 191). Montánně-archeologický výzkum na ložisku Drienok však pravěkou těžbu prozatím nedoložil (*Bátora – Stöllner – Cheben 2017*). Ložiska tetraedritu dostupná pro prehistorické prospektory jsou známa i z nedaleké oblasti Nízkých Tater (*obr. 1: 9*), kde jsou vázána na tzv. d'umbierské antiklinorium, budované variským komplexem krystalických hornin tatrika (*Chovan – Slavkay – Michálek 1998*, 6–7, tab. 1). Hydrotermální měděnou mineralizaci vyvinutou převážně v rule, granodioritech a triasových sedimentech evidujeme např. na katastrech obcí Vyšná Boca (polohy Bruchatý Grúnik a Kliešňová: *Ozdán – Chovan 1999*, 256–263, tab. 3b) a Horná Lehota (Trangoška: *Turan 1961*, 93–95). Srovnání geochemických a izotopových parametrů artefaktů s rudami podle některých názorů naznačuje, že ložiska mědi v Nízkých Tatrách (Vyšná Boca) a v okolí obce Poniky mohla být v době bronzové rovněž využívána (*Dubrow – Pernicka 2010*, 52, Abb. 4; *Schreiner 2007*, 17–20, 168–176, 219).



Další k území dnešní Moravy relativně blízká ložiska měděných rud nacházíme v Krušných horách a historické oblasti Vogtland na hranicích severozápadních Čech a Saska (obr. 1: 2). S ohledem na sledovanou problematiku je důležitý poznatek, že měděnému zrudnění v dotyčné oblasti dominuje chalkopyrit nad tetraedritem (např. *Bartelheim – Niederschlag 1998*, 48–80; *Sejkora – Šrein 2012*, 255–256). Těžba měděné rudy v době bronzové zde prozatím nebyla na rozdíl od cínu (*Tolksdorf et al. 2018*) doložena přímými, ale ani nepřímými doklady v podobě porovnání archeometrických analýz artefaktů a rud (*Niederschlag et al. 2003*, 72–82, tab. 4, 5). Přesto nemůžeme lokální těžbu měděné rudy v mladší době bronzové v sledované oblasti vzhledem na současný stav bádání zodpovědně vyloučit, a měděné rudy z dotyčné oblasti jsme zařadili do naší analýzy (*Prekop 2013*; *Zachar – Salaš 2018*, 44–45; zde i další lit.).

Historicky známý těžební revír Schwaz/Brixlegg v severním Tyrolsku na dolním toku řeky Inn je pro jihomoravskou lokalitu Cezavy u Blučiny s měděnými slitky v depotech geograficky sice vzdálenější než exploatační areály u Španí Doliny či v Krušných horách a Vogtlandu (obr. 1: 3), nicméně těžba měděných rud právě v mladší době bronzové je zde zcela prokazatelná. Rudný revír leží v asi 20 km dlouhém pásu mezi obcemi Schwaz a Brixlegg východně od Innsbrucku (*Gstrein 1981*, 28, Abb. 1; 1988, 27–41). Místní měděné zrudnění můžeme charakterizovat jako tetraedrit-tennantitové (*Artl – Diamond 1998*, 802–804, fig. 1; *Krismer et al. 2011*, 926–931). Převážná část měděné mineralizace se nachází v devonských dolomitech a ortorulách tzv. *grauwacken* zóny, menší množství v aniských karbonátech triasu (*Krismer – Tropper 2013*, 15–23, Abb. 4; *Tropper – Krismer – Goldenberg 2017*, 99–101, fig. 2). Doloženy jsou přímé stopy po těžbě v podobě částečně dochovaných dobývek, pinkových polí, úpravnických a hutnických zařízení, jakož i četné kolekce kamenných mlatů sloužících k těžbě a úpravě rudy (*Goldenberg 2015*, 114–117, Abb. 38–39, zde i další lit.).

Početné, ale územně vzdálenější výskyty tetraedritové mineralizace známe i z východních Karpat ležících na území dnešního Rumunska (např. *Kadar 2011*, 229–232; *Lazarovici et al. 1995*, 214–227, fig. 2; *Rădulescu – Dimitrescu 1966*). Přímé doklady těžby mědi z plošně rozsáhlého východokarpatského horského oblouku prozatím nejsou evidovány. Doloženy jsou sice vícere nálezy kamenných mlatů s oběžným žlábkem, ty však mohou souviset i s těžbou zlata nebo kamenné soli (*Boroffka 2009*, 125–128, Abb. 4). Publikované nejsou ani výsledky moderních prvkových a izotopových analýz artefaktů z období popelnicových polí z oblasti dnešního Sedmihradsko (např. *Kacsó 2013*, 231–232). Novější odborné práce uvádějí jako možnou oblast těžby měděné rudy v době bronzové region Baia Mare (obr. 1: 10), situovaný v dnešním severozápadním Rumunsku (*Pernicka et al. 2016*, 66–73, fig. 14). V posledních studiích, sumarizujících sledovanou problematiku, však již zmínky o prehistorické těžbě mědi ve zmiňovaném regionu nenacházíme (*Radi-vojević et al. 2019*, 141, fig. 1). Jako další region možné prehistorické těžby mědi v rumunských Karpatech (obr. 1: 11) můžeme uvést oblast Apusenských vrchů (Bucium; předběžně *Schaff et al. 2018*, 131). Geochemická charakteristika zrudnění, jakož i přímé doklady těžby prozatím chybějí. Do základního srovnání jsme proto zařadili jen rudy z regionu Baia Mare. I přes výše popsany, prozatím negativní stav bádání se přikláníme k názoru, že s těžbou mědi v rumunských východních Karpatech v mladší době bronzové musíme počítat (*Thomas 2014*, 182). Přehled významnějších tetraedritových ložisek v blízkosti Karpatské kotliny uzavíráme v pohoří Vranica, situovaném v centrálním masívu Dinárů na území dnešní Bosny a Hercegoviny (obr. 1: 12). Na horním toku řeky Vrbas, v hornickém



Obr. 4. Srovnání stabilních izotopů olova měděných rud z oblasti Krušných hor a Vogtlandu s hodnotami dvou clusterů slitků z depotů Blučina 1 a 13. Podle *Niederschlag et al. 2003*.

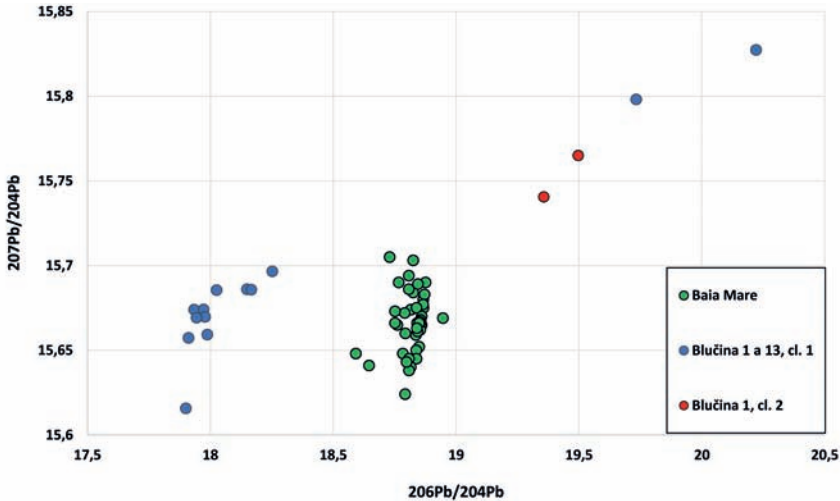
Fig. 4. A comparison of the stable isotopes of lead of copper ores from Saxo-Bohemian Erzgebirge/Ore Mountains and Vogtland with the values two clusters of ingots from the hoards Blučina 1 and 13. After *Niederschlag et al. 2003*.

regionu Gornji Vakuf – Uskoplje, leží lokality Maškara a Mračaj s baryt-siderit-tetraedritovou mineralizací (*Jurković – Pezdič – Šiftar 1994*, 20–23, 28–29, fig. 1b, 2, tab. 1, 4). Přímo z míst moderních hornických dolů jsou známy nálezy kamenných mlatů s oběžným žlábkem (*Čurčić 1908*, 87–88, br. 1–4). Prvkové analýzy bronzových předmětů z mladší doby bronzové z území Bosny však doložily původ suroviny artefaktů v chalkopyritové rudě, co umožňuje vyloučit využití místních tetraedritových zdrojů. Časové zařazení dokladů prehistorické těžby na území centrální Bosny, stejně jako charakter dobývané rudy, bude muset určit další bádání (*Gavranović – Mehoffer 2016*, 99–103). Region uvádíme jenom pro úplnost a v dalším textu se mu podrobněji nevěnujeme.

## 5. Diskuse k původu mědi

Při určení původu mědi použité na výrobu koláčovitých slitků z Blučiny 1 a 13 vycházíme ze vzájemného srovnání izotopových ( $^{207/206}\text{Pb}$ ,  $^{208/206}\text{Pb}$ ,  $^{206/204}\text{Pb}$ ,  $^{207/204}\text{Pb}$ ) a prvkových (tab. 1) analýz (*Baron – Těmaš – Le Carlier 2014*; *Cattin et al. 2009*; *Gale – Stos-Gale 2000*). Pro geochemické srovnání artefaktů s měděnými rudami využíváme zejména normované hodnoty prvků Ni, Ag, As a Sb (*Lutz et al. 2010*, 173; *Pernicka 1999*, 169–170, tab. 1). Kombinace zmíněných metod se standardně užívá při určení proveniencie prehistorických artefaktů na bázi mědi (např. *Canavaro et al. 2019*, 4839–4844; *Čivilytė et al. 2017*, 759–761).

Při srovnání stabilních izotopů olova analyzovaných slitků z obou clusterů s měděnými rudami z Krušných hor a Vogtlandu (*Niederschlag et al. 2003*, 78–80, tab. 4, 5) nacházíme

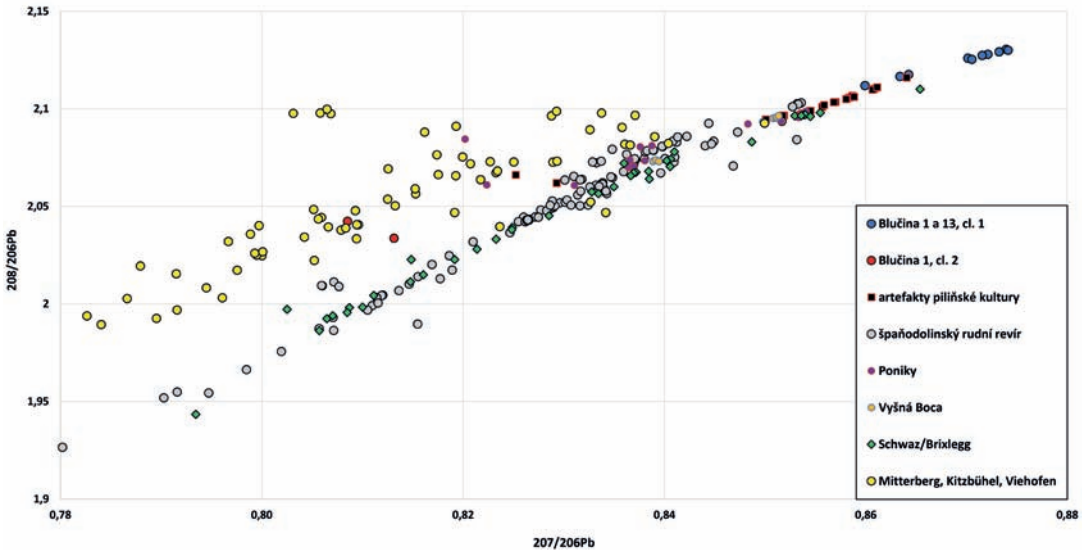


Obr. 5. Srovnání stabilních izotopů olova epitermálních rud z regionu Baia Mare s hodnotami dvou clusterů slitků z depotů Blučina 1 a 13. Podle *Marcoux et al. 2002*.

Fig. 5. A comparison of the stable isotopes of lead of epithermal type ores from Baia Mare with the values two clusters of ingots from the hoards Blučina 1 and 13. After *Marcoux et al. 2002*.

určité podobnosti v orogenezi sledovaných rud a měděných slitků. V případě clusteru 1 s tetraedritovou signaturou zjišťujeme však jenom minimální překrytí s měděnými rudami, které charakterizuje chalkopyritová mineralizace (*obr. 4*). Vyloučit můžeme i souvislost izotopu chalkopyritového clusteru 2 s místními chalkopyritovými rudami. Bez nároků na další vyhodnocení geochemických parametrů můžeme konstatovat, že početná měděná zrudnění z území Krušných hor a Vogtlandu nesloužila jako primární zdroj suroviny analyzovaných měděných slitků z Blučiny. Z oblasti rumunských východních Karpat v současnosti nedisponujeme publikovanými analýzami stabilních izotopů olova měděných rud. Pro hornický region Baia Mare (*obr. 1: 10*) můžeme s jistými výhradami (*Pernicka et al. 2016, 67–69*) využít analýzy stabilních izotopů olova místních epidermálních rud (olovo) a průvodních hornin (např. andezit, bazalt; *Marcoux et al. 2002, 176–178, tab. 1, 2*). Z porovnání hodnot vztahu stabilních izotopů olova vyplývá, že ani měděné rudy z oblasti Baia Mare velmi pravděpodobně nebyly zdrojem měděných slitků deponovaných na Blučině (*obr. 5*).

Po vyloučení měděných ložisek oblasti Krušných hor a Vogtlandu, jakož i rumunských východních Karpat (regiony Baia Mare a Apusenské vrchy) musíme obrátit naši pozornost na výskyty tetraedritové mineralizace na středním Slovensku (Špania Dolina, Poniky, Vyšná Boca v Nízkých Tatrách) a v severotyrolském hornickém regionu Schwaz/Brixlegg (*obr. 1: 3, 7–9*). Jak jsme již uvedli v předešlé kapitole, těžba mědi v mladší době bronzové v lokalitě Špania Dolina (poloha Piesky) se jeví jako velmi pravděpodobná a v regionu Schwaz/Brixlegg je spolehlivě doložena. Na ložiskách Poniky a Vyšná Boca nelze těžbu spolehlivě vyloučit. Na základě grafu stabilních izotopů olova měděných rud můžeme u analyzovaných ložisek Schwaz/Brixlegg a Špania Dolina konstatovat velký rozptyl hodnot a jejich částečný překryv (*Krismer et al. 2009, 184; Schreiner 2007, 61*). Zmíněný poznatek platí i při vzájemném srovnání s výskyty mědi v okolí obcí Poniky a Vyšná Boca

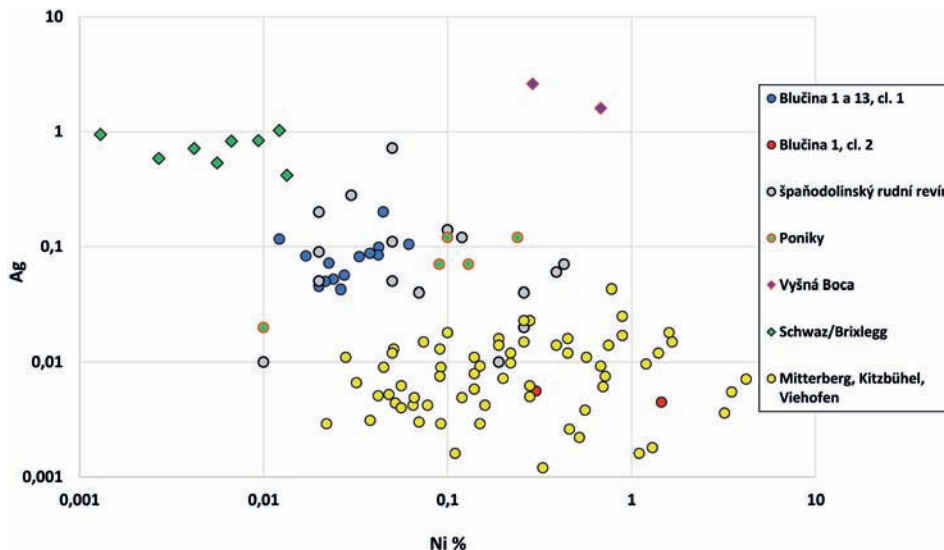


Obr. 6. Srovnání stabilních izotopů olova měděných rud z regionů Špania Dolina, Poniky, Vyšná Boca a Schwaz/Brixlegg s hodnotami artefaktů piliňské kultury z oblasti středního Slovenska a dvou clusterů slitků z depotů Blučina 1 a 13. Podle Höppner *et al.* 2005; Schreiner 2007.

Fig. 6. A comparison of the stable isotopes of lead of copper ores from regions Špania Dolina, Poniky, Vyšná Boca and Schwaz/Brixlegg with the values of Pilinyi culture artefacts from central Slovakia and two clusters of ingots from the hoards Blučina 1 and 13. After Höppner *et al.* 2005; Schreiner 2007.

(obr. 6). Tento jev může být způsoben kromě jiných faktorů příbuzným geologickým vývojem v období mladšího paleozoika (např. Bielički – Tischendorf 1991, 446–447, fig. 3–5).

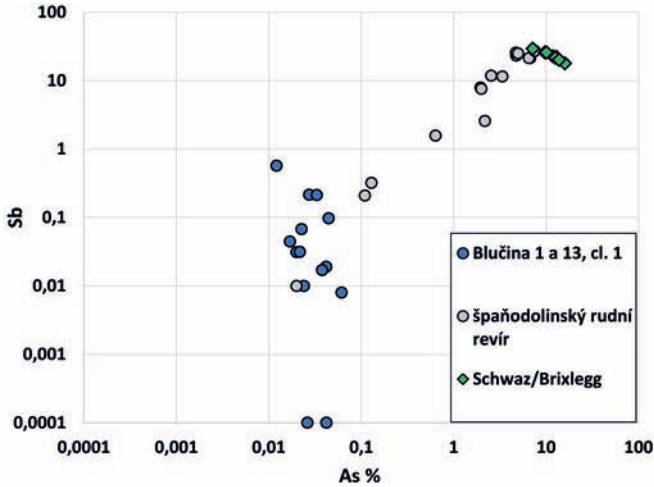
Pohled na stabilní izotopy olova měděných slitků ze souborů Blučina 1 a 13 (obr. 6), tvořících cluster 1 s tetraedritovou materiálovou skupinou, naznačuje možnost podobné orogeneze jako měděné rudy z oblasti Schwaz/Brixlegg a špaňodolinského, ponického a vyšnobocianského rudného revíru (Höppner *et al.* 2005, 305, tab. 3; Schreiner 2007, 247–249). Přímé překrytí izotopového pole slitků z Blučiny 1 a 13 s analyzovanými měděnými ložisky z dostupných dat nepozorujeme. Zjišťujeme však částečné překrytí, a tedy i velmi podobnou orogenezi, s některými hodnotami izotopů olova získanými z bronzové industrie piliňské kultury z oblasti Slovenského středohoří. Toto území bylo počátkem mladší doby bronzové osídleno nositeli piliňské kultury s přístupem k ložiskům měděné suroviny v okolí Špania Doliny z prostoru Zvolenské kotliny (Zachar – Struhár 2017, 63–65). Zmíněná industrie pochází z bronzových depotů (Zvolen, polohy Pustý hrad a Podborová; Horná Štubňa) a také ojedinělých nálezů (Čierny Balog – Krám), datovaných do horizontu depotů bronzových předmětů Ožďany/Ópályi, reprezentujícího v severní části Karpatské kotliny období stupňů B C2–D (Zachar – Malček 2011, 35–36, obr. 10, zde i další lit.). Chronologická pozice analyzované bronzové industrie piliňské kultury je alespoň částečně chronologicky současná s horizontem Blučina (B D1), do kterého jsou datovány i depoty Blučina 1 a 13 s obsahem analyzovaných měděných slitků (Salaš 2005, 138–140). Velký rozptyl hodnot stabilních izotopů olova u blučinských slitků a z toho vyplývající rozdílnost izotopových polí při srovnání s artefakty piliňské kultury, případně i s rudami měděných ložisek v regionu Schwaz/Brixlegg, Špania Dolina, Poniky a Vyšná Boca (obr. 6),



Obr. 7. Graf srovnání hodnot Ni a Ag měděných slitků z depotů Blučina 1 a 13 (cluster 1 a 2) s měděnými rudami z oblasti Špania Dolina, Poniky, Vyšná Boca, Schwaz/Brixlegg a Mitterberg, Kitzbühel, Viehofen. Podle Schreiner 2007; Krismer et al. 2011; Pernicka – Lutz – Stöllner 2016.

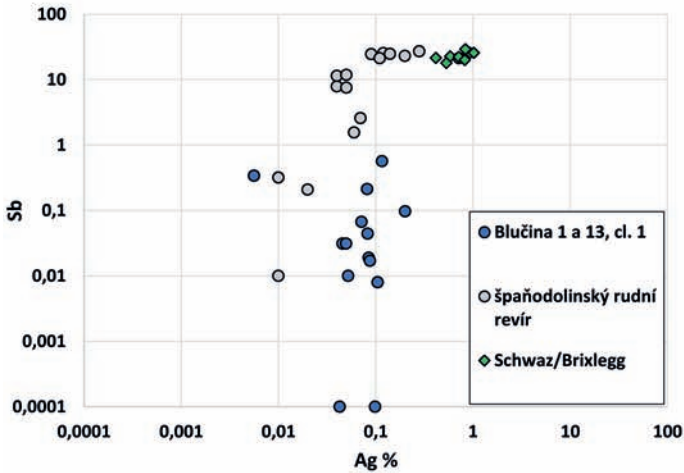
Fig. 7. A graphic comparison of the values of Ni and Ag of copper ingots from the hoards Blučina 1 and 13 (cluster 1 and 2) with copper ores from the regions Špania Dolina, Poniky, Vyšná Boca, Schwaz/Brixlegg and Mitterberg, Kitzbühel, Viehofen. After Schreiner 2007; Krismer et al. 2011; Pernicka – Lutz – Stöllner 2016).

můžeme předběžně interpretovat jako výsledek působení radiogenního olova (Krismer et al. 2009, 184; Schreiner 2007, 61). Vyloučit nemůžeme ani malé množství vzorků primárních měděných rud, jejichž počet nereprezentuje kompletní izotopové pole daného rudného ložiska (Baxter – Beardah – Westwood 2000, 978–979). Přesnější poznatky přinášejí hodnoty stabilních izotopů olova dvou měděných slitků z Blučiny 1, reprezentujících cluster 2 s chalkopyritovou signaturou. Jejich poloha na grafu (obr. 6) dovoluje hledat původ jejich měděné suroviny ve východních Alpách, konkrétně v hornických regionech Mitterberg, Kitzbühel a Viehofen (obr. 1: 4–6), známých těžbou a dalším zpracováním chalkopyritové měděné rudy (Pernicka – Lutz – Stöllner 2016, 54, tab. 5; Thomas 2018, 371–453). Z důvodu omezených interpretačních možností metody stabilních izotopů olova jsme přistoupili k srovnání chemického složení měděných slitků z Blučiny 1 a 13, reprezentovaných jednotlivými clustery, s primárními měděnými rudami z regionu Schwaz/Brixlegg a tří analyzovaných středoslovenských regionů. Nejdůležitější chemické prvky pro určení provenience kovů na bázi mědi představují elementy Ni a Ag, které jsou při různých metalurgických procesech na rozdíl od prvků As a Sb stabilní (Pernicka 2014, 250–259, tab. 11.1, 11.7). Na srovnávacím grafu pro nikl a stříbro můžeme pozorovat, že hodnoty slitků z Blučiny 1 a 13, původně vytavených z tetraedritu a seskupených v clusteru 1, se poměrně dobře shodují s měděnými rudami reprezentujícími španělský rudný revír (obr. 7). Vyloučit můžeme tetraedritové výskyty ležící v regionu Schwaz/Brixlegg, které se od analyzovaných měděných slitků z Blučiny 1 a 13, jakož i měděných rud v hornickém regionu Špania Dolina odlišují vyššími hodnotami stříbra (0,5–1 %) a nižším zastoupením (<0,1 %) niklu (Pernicka – Lutz 2015, 109). Rovněž můžeme jako zdroj suroviny blučinských slitků



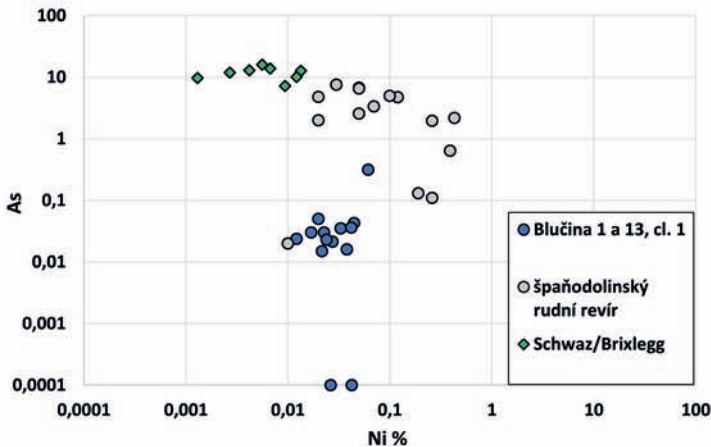
Obr. 8. Graf srovnání hodnot As a Sb měděných slitků z Blučiny 1 a 13 (cluster 1) s měděnými rudami z oblasti Španí Doliny a Schwaz/Brixlegg. Podle Schreiner 2007; Krismer et al. 2011.

Fig. 8. The graphic comparison of the values of As and Sb of copper ingots from Blučina 1 and 13 (cluster 1) with copper ores from the area of Špania Dolina and Schwaz/Brixlegg. After Schreiner 2007; Krismer et al. 2011.



Obr. 9. Graf srovnání hodnot Ag a Sb měděných slitků z Blučiny 1 a 13 (cluster 1) s měděnými rudami z oblasti Španí Doliny a Schwaz/Brixlegg. Podle Schreiner 2007; Krismer et al. 2011.

Fig. 9. The graphic comparison of the values of Ag and Sb of copper ingots from Blučina 1 and 13 (cluster 1) with copper ores from the area of Špania Dolina and Schwaz/Brixlegg. After Schreiner 2007; Krismer et al. 2011.



Obr. 10. Graf srovnání hodnot Ni a As měděných slitků z Blučiny 1 a 13 (cluster 1) s měděnými rudami z oblasti Španí Doliny a Schwaz/Brixlegg. Podle Schreiner 2007; Krismer et al. 2011.

Fig. 10. The graphic comparison of the values of Ni and As of copper ingots from Blučina 1 and 13 (cluster 1) with copper ores from the area of Špania Dolina and Schwaz/Brixlegg. After Schreiner 2007; Krismer et al. 2011.

prozatím vyloučit i měděné rudy z Poniků a oblasti Nízkých Tater (Vyšná Boca; *obr. 7*). Naměřené hodnoty prvků As a Sb u slitků z clusteru 1 ale při srovnání s rudami z oblasti Španí Doliny a Schwaz/Brixlegg neumožňují přiřazení ani k jednomu ložisku (*obr. 8*). Jako příčinu můžeme uvést výše zmíněnou ztrátu obsahu As a Sb v důsledku hutnění měděných rud, které způsobuje nižší hodnoty obou elementů ve slitcích oproti výchozí primární rudě. Zmíněný poznatek, jakož i původ suroviny slitků z depotů Blučina 1 a 13 potvrzují i grafy vztahů hodnot Ag/Sb (*obr. 9*) a Ni/As (*obr. 10*), kde měděné ingoty neodpovídají rudám ze špaňodolinského rudného revíru z důvodu ztráty části arzenu a antimonu při metalurgických procesech. Zároveň můžeme pozorovat zvýšený obsah arzenu (*obr. 8, 10*) u některých vzorků rudy původem z okolí Španí Doliny, které se však jenom ojediněle přibližují spodním hodnotám arzenu zjištěným na ložiscích v regionu Schwaz/Brixlegg. Na zmíněném severotyrolském ložisku způsobuje obohacení arzenem nejspíš větší podíl tennantitové složky, zastoupené v tomto typu tetraedritové mineralizace. Původ arzenové materiálové skupiny zjištěné u části artefaktů bronzové industrie pilišské kultury ze středního Slovenska (*Modarressi-Tehrani – Garner 2015, 54–55*) můžeme proto zdůvodnit i vyššími obsahy arzenu u místních špaňodolinských tetraedritů (viz kap. 3).

Dva koláčovité slitky z Blučiny 1, reprezentující cluster 2, odpovídají poměrně dobře geochemii měděných rud v oblasti Mitterberg, Kitzbühel a Viehofen (*obr. 7*). Současně verifikují jak oprávněnost vyčlenění zmíněného clusteru s chalkopyritovou signaturou (*obr. 2, 3*), tak poznatky získané z analýzy stabilních izotopů olova o provenienci suroviny obou ingotů v uvedené trojici východoalpských revírů s doloženou těžbou chalkopyritu v mladší době bronzové (*obr. 6*).

Kromě chemického složení ingotů (*obr. 7*) a částečného překrytí hodnot izotopů olova s místními artefakty pilišské kultury (*obr. 6*) by pravděpodobnou provenienci některých měděných slitků z depotů Blučina 1 a 13 z oblasti středoslovenské Španí Doliny mohly indikovat také chronologické poznatky o počátku těžby v oblasti Schwaz/Brixlegg. Ta byla na základě analýz chemického složení bronzové industrie, pocházející z oblasti východních Alp a Bavorska, tradičně kladena až do stupně Ha A1 (*Sperber 2004, 316–317, Abb. 7, Tab. 2*). Sice se objevily hypotézy o možné těžbě tetraedritu v regionu Schwaz/Brixlegg již od stupně B C2 (*Stöllner 2009, 50–51, Abb. 10; 2010, 303, fig. 2; 2015, 102, Abb. 9; viz k tomu Tomedi – Staud – Töchterle 2013, 61–62*), nicméně poslední terénní výzkumy, zaměřené na odkryv dalších dokladů prehistorické těžby (*Staudt – Goldenberg – Scherer-Windisch v tisku*) a objektů určených k hutnění rudy (*Staudt et al. 2018, 488*) takto rané počátky těžby nepotvrdily. Nenasvědčují tomu ani analýzy hutnické strusky, použité na zdrsňování keramiky místní kultury popelnicových polí a posouvající nepřímé nejstarší doklady exploatace do stupně B D2 (*Krismer et al. 2012*). V časně fázi doby popelnicových polí, kam spadají depoty z Blučiny (*Salaš 2005, 138–140*), tedy podle současných poznatků měděná ruda v revíru Schwaz/Brixlegg nejspíše ještě těžena nebyla.

## 6. Závěr

Počínaje starším eneolitem se na historickém území Moravy, Čech i Slezska setkáváme s artefakty zhotovenými z mědi původem ze Západních Karpat (*Dobeš 2013, 115–116*). Po útlumu produkce měděných předmětů v mladším eneolitu můžeme s uvedeným jevem počítat také ve starší době bronzové, jak naznačují analýzy kovových výbav hrobů z území

sousedního Dolního Rakouska (*Duberow – Pernicka – Krenn-Leeb 2009*, 343–345). Přirozeně se tedy nabízí otázka, jestli trend distribuce západokarpatské mědi pokračoval na Moravě i ve střední době bronzové, a především v období popelnicových polí. Početné moravské depoty s obsahem kovových slitků, např. z lokality Cezavy u Blučiny (*Salaš 2005*, 128), po řešení této otázky přímo volají (*obr. 1: 1*).

Prvková analýza 16 kusů koláčovitých slitků z kovových depotů Blučina 1 a Blučina 13, provedená metodou ICP-MS/ICP-OES, potvrdila předpoklad, že u většiny kovových slitků v depotech doby popelnicových polí ve střední Evropě jde o prvotní produkt hutnictví měděných rud v podobě intencionálně nelegované a sekundárně nerecyklované měděné suroviny (*tab. 1*). Znečištění mědi železem a olovem, zjištěné u dvou slitků, můžeme v případě olova připsat nejspíš obsahu primární rudy. Důvodem zvýšených hodnot železa pak je s největší pravděpodobností nedokonalý proces hutnění rud (*tab. 1*). Vytavená surovina ve formě měděných slitků, resp. jejich fragmentů, tak představuje ideální produkt metalurgie k určení provenience kovu nejen v době bronzové. Hierarchická shluková analýza výsledků chemické analýzy slitků z depotů Blučina 1 a 13 doložila na území jižní Moravy počátkem mladší doby bronzové (stupeň B D1) existenci dvou samostatných materiálových skupin mědi (*obr. 2, 3*). Tím se potvrdily starší poznatky o nehomogenitě surovinové báze kovové industrie v lokalitě Blučina (*Frána et al. 1997*, 61–62, *tab. 8*; *Salaš – Stránský – Winkler 1993*, 71–72, *tab. 6*), současně se však otevřela otázka provenience zmíněných skupin měděné suroviny, zejména tetraedritového typu (*Zachar – Salaš 2018*, 54).

Z větších ložisek tetraedritu, která mohla být počátkem mladší doby bronzové ve střední Evropě využívaná (*obr. 1: 2, 3, 7–12*), můžeme na základě analýzy stabilních hodnot izotopů olova vyloučit Krušné hory, Vogtland (*obr. 4*) a rovněž rumunský region Baia Mare (*obr. 5*). S ohledem na dnešní stav bádání pak musíme výběr potenciačních zdrojů omezit na severotyrolský region Schwaz/Brixlegg a okolí Španí Doliny, obce Poniky a Vyšné Boce na středním Slovensku. Srovnání stabilních izotopů olova měděných rud obou zmíněných hornických oblastí se slitky z Blučiny 1 a 13, tvořících tetraedritový cluster 1, jednoznačné řešení otázky původu suroviny nepřineslo. Zajímavé je však částečné překrytí hodnot izotopů olova s chronologicky současnými artefakty piliňské kultury (*obr. 6*), pocházejícími z oblasti Slovenského středohoří (*Zachar – Malček 2011*, 35–36). Na původ mědi slitků z Blučiny 1 a 13 vytavených z tetraedritové rudy v španělském rudném revíru poukazují ale některé geochemické parametry, zejména vztah prvků Ni a Ag (*obr. 7*). Jejich relace dokládá i očekávanou provenienci dalších dvou slitků ze souboru Blučina 1 (cluster 2) ze známých východoalpských ložisek chalkopyritu v lokalitách Mitterberg, Kitzbühel a Viehofen (*obr. 1: 4–6; 7; Thomas 2018*). Nižší hodnoty arzenu a antimonu u slitků z blučinských depotů neodporují z důvodu ztráty těchto prvků při hutnění a s ohledem na chemismus rud z obou sledovaných hornických revírů původu suroviny z regionu Španí Doliny (*obr. 8*). Dokládají to i vztahy prvků Ag a Sb a také Ni a As, které by při původních hodnotách antimonu a arzenu potvrzovaly provenienci nejspíše ve španělském rudném revíru (*obr. 9, 10*).

Původu části měděných slitků v depotech Blučina 1 a 13 z tetraedritového ložiska Špania Dolina, polohy Piesky, nepřímo nasvědčuje i chronologický kontext, neboť v jednotlivých revírech oblasti Schwaz/Brixlegg nedošlo k těžbě rud dříve než ve stupni B D2 (*Krismer et al. 2012; Tomedi – Staudt – Töchterle 2013*, 61–62). Tyto poznatky však bude muset potvrdit další cílený výzkum dokladů prehistorické těžby a zpracování rud v okolí obcí Schwaz a Brixlegg, stejně jako kompletní zveřejnění geochemických a izotopových dat



z jiných severotyrolských tetraedritových výskytů (např. *Grutsch – Martinek – Krismer 2013*, 28). Považujeme za pravděpodobné, že podobně jako v eneolitu a starší době bronzové pokračovala distribuce středoslovenské mědi na území dnešní Moravy i v mladší době bronzové. Geochemická signatura špaňodolinského rudného revíru byla podle některých analýz zaznamenána také u bronzových artefaktů ze závěru střední doby bronzové (B C2) i v jižním a severním Německu (*Ling et al. 2019*, 110, tab. 3), což umožňuje vidět obraz distribuce středoslovenské mědi počátkem mladší doby bronzové na jižní Moravu mnohem reálněji.

Analýzami slitků byly tedy v depotech z Blučiny prokázány dvě odlišné materiálové skupiny. V první a početnější skupině, reprezentující měď z tetraedritové mineralizace, jsou zastoupeny slitky jak z depotu Blučina 1, tak z depotu Blučina 13 (cluster 1; *obr. 2*). V depotu Blučina 1 však kromě toho dva slitky vytvořily cluster 2, který zjištěnou geochemickou signaturou odpovídá chalkopyritovým rudám (*obr. 2*). V tomto náleзовém celku tak byly prokázány slitky vytavené ze dvou různých měděných rud, pocházejících ze dvou různých a vzájemně značně vzdálených ložisek. I když se to týká zatím jen pěti vzorků (Blu 1, vzorky 1–5: *obr. 2*), nelze mezi původem různými slitky pozorovat žádné morfometrické ani technologické rozdíly (okraje i zlomky těl spíše menších plankonvexních slitků, srov. *Salaš 2005*, 286, tab. 44: 25, 27, 28, 30, 33). Svědčí to mj. o tom, že technologické procesy při tavbě rud a dalším zpracování slitků probíhaly i v tak vzdálených montánních regionech přinejmenším analogicky. Dále z toho vyplývá, že surovinově neautarkní regiony, mezi něž metalicky patřila i jižní Morava, nebyly závislé na jednom zdroji, nýbrž byly napojeny na širší distribuční síť. V nepolední řadě se zde prokazuje, že i měděné slitky patří do kategorie importů, které jsou v depotech jinak často zastoupeny i finálními bronzovými produkty, pocházejícími z prostorově značně vzdálených a odlišných regionů. Na rozdíl od těchto importů finálních bronzových artefaktů lze však u slitků díky chemickým analýzám poměrně přesně určit jejich provenienci.

Vše tedy nasvědčuje tomu, že přinejmenším jihomoravský region okruhu středodunajských popelnicových polí nebyl v období starších popelnicových polí součástí jenom východoalpského metalurgického okruhu (*Frána et al. 1997*, 182–183; *Zachar – Salaš 2018*, 56), ale byl napojen také na distribuční síť vycházející z těžebních regionů ležících uvnitř Západních Karpat.

*Studie vznikla za finanční podpory Ministerstva kultury v rámci institucionálního financování na dlouhodobý koncepční rozvoj výzkumné organizace Moravské zemské muzeum (DKRVO, MK000094862).*

## Literatura

- Artl, T. – Diamond, L. W. 1998:* Composition of tetrahedrite-tennantite and 'schwazite' in the Schwaz silver mines, North Tyrol, Austria. *Mineralogical Magazine* 62, 801–820.
- Bachmann, H.-G. – Jockenhövel, A. – Spichal, U. – Wolf, G. 2005:* Zur bronzezeitlichen Metallversorgung im mittleren Westdeutschland: Von der Lagerstätte zum Endprodukt. *Berichte der Kommission für Archäologische Landesforschung in Hessen* 7, 67–120.
- Baron, S. – Tâmaş, C. G. – Le Carlier, C. 2014:* How Mineralogy and Geochemistry Can Improve the Significance of Pb Isotopes in Metal Provenance Studies. *Archaeometry* 56, 665–680.
- 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.

- Bartík, J. – Schreiner, M. 2010: Ein Bronzehortfund aus der Gemeinde Ľubá. Zborník SNM CIV – Archeológia 20, 17–32.
- Bath-Bílková, B. 1973: K problému pôvodu hriven. Památky archeologické 64, 24–41.
- Bátora, J. – Stöllner, T. – Cheben, M. 2017: Výskum dvoch banských diel na medenú rudu v Ponikoch. In: Archeologické výskumy a nálezy na Slovensku v roku 2012, Nitra: Archeologický ústav SAV, 22–23.
- 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.
- Bielicki, K.-H. – Tischendorf, G. 1991: Lead isotope and Pb–Pb model age determinations of ores from central Europe and their metallogenetic interpretation. Contributions to Mineralogy and Petrology 106, 440–461.
- Boroffka, N. 2009: Mineralische Rohstoffvorkommen und der Forschungsstand des urgeschichtlichen Bergbaues in Rumänien. In: M. Bartelheim – M. Stäuble – H. Schäuble Hrsg., Die wirtschaftlichen Grundlagen der Bronzezeit Europas. Forschungen zur Archäometrie und Altertumwissenschaft 4, Rahden/Westf.: Verlag Marie Leidorf, 119–146.
- Canovaro, C. – Angelini, I. – Artioli, G. – Nimis, P. – Borgna, E. 2019: Metal flow in the late Bronze Age across the Friuli-Venezia Giulia plain (Italy): new insights on Cervignano and Muscoli hoards by chemical and isotopic investigations. Archaeological and Anthropological Sciences 11, 4829–4846.
- Cattin, F. – Guénette-Beck, B. – Besse, M. – Serneels, V. 2009: Lead isotopes and archaeometallurgy. Archaeological and Anthropological Sciences 1, 137–148.
- 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 relation with copper minerals of the nearby Valais. Journal of Archaeological Science 38, 1221–1233.
- Craddock, P. T. – Meeks, N. D. 1987: Iron in ancient copper. Archaeometry 29, 187–204.
- Czajlik, Z. – Sólmos, K. G. 2002: Analyses of ingots from Transdanubia and adjacent areas. In: E. Jerem – K. T. Biró eds., Archaeometry 98. Proceedings of the 31<sup>st</sup> Symposium. Budapest, April 26 – May 3 1998. Archaeolingua, Central European Series 1. BAR International Series 1043, Volume II, Oxford: Archaeopress, 317–325.
- Čiviljč, A. – Duberow, E. – Pernicka, E. – Skvortzov, K. 2017: The new Late Bronze Age hoard find from Kobbelbude (former Eastern Prussia, district Fischhausen) and the first results of its archaeometallurgical investigations. Archaeological and Anthropological Sciences 9, 755–761.
- Čurčić, V. 1908: Prilozi poznavanju prehistorijskog rudarstva i talioničarstva brončadog doba u Bosni i Hercegovini. Glasnik Zemaljskog Muzeja u Bosni i Hercegovini XX, 77–90.
- Danielisová, A. – Strnad, L. – Miňaljevič, M. 2018: Circulation Patterns of Copper-based Alloys in the Late Iron Age Oppidum Třisov in Central Europe. Metalla 24, 5–18.
- Dobeš, M. 2013: Měď v eneolitických Čechách. Dissertationes Archaeologicae Brunenses/Pragensesque 16. Praha: Univerzita Karlova.
- 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 et al. Hrsg., Primus Conventus Austriacus Archaeometriae. Scientiae Naturalis ad Historiam Hominis Antiqui Investigandam MMIX. Tagungsband zum Ersten Österreichischen Archäometrikongress 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.
- Farkaš, Z. 1983: K začiatkom metalurgie meďi v Čechách a na Morave so vzťahom ku Slovensku. Zborník SNM LXXVII – História 23, 9–29.
- 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.

- Frána, J. – Chvojka, O. – Fikrle, M. 2009: Analýzy obsahu chemických prvků nových depotů surové mědi z jižních Čech. Příspěvek k metalurgii starší doby bronzové. Památky archeologické 100, 91–118.
- Frána, J. – Jiráň, L. 1998: Vorgeschichtliche Erzeugnisse aus Kupfer und dessen Legierungen in Böhmen aus dem Aspekt der Analysen der Elementenzusammensetzung. In: C. Mordant – M. Pernot – V. Rychner eds., L'atelier du bronze en Europe du XX<sup>e</sup> au VIII<sup>e</sup> 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. – Maštálka, 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.
- Frank, C. – Pernicka, E. 2012: Copper artifacts of the Mondsee group and their possible sources. In: M. S. Midgley – J. Sanders eds., Lake Dwellings after Robert Munro. Proceedings from the Munro International Seminar. The Lake Dwellings of Europe 22<sup>nd</sup> and 23<sup>rd</sup> October 2010, Leiden: Sidestone Press, 113–138.
- 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.
- Gavranović, M. – Mehofer, M. 2016: Local Forms and Regional Distributions. Metallurgical Analysis of Late Bronze Age Objects from Bosnia. Archaeologia Austriaca 100, 87–107.
- 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.
- Grutsch, C. – Martinek, K.-P. – Krismer, M. 2013: Copper mineralizations in western North Tyrol – In prehistoric times exploited resources?. In: P. Anreiter et al. eds., Mining in European History and its Impact on Environment and Human Societies – Proceedings for the 2<sup>nd</sup> Mining in European History Conference of the FZ HiMAT, 7.–10. November 2012, Innsbruck, Innsbruck: Innsbruck University Press, 27–32.
- Gstrein, P. 1981: Prähistorischer Bergbau am Burgstall bei Schwaz (Tirol). Veröffentlichungen des Tiroler Landesmuseums Ferdinandeum 61, 25–46.
- Gstrein, P. 1988: Geologie, Mineralogie und Bergbau des Gebietes um Brixlegg. In: Marktgemeinde Brixlegg Hrsg., Brixlegg, eine Tiroler Gemeinde im Wandel der Zeiten, Brixlegg: Selbstverlag der Marktgemeinde Brixlegg, 11–62.
- Hájek, L. 1954: Jižní Čechy ve starší době bronzové. Památky archeologické 45, 115–192.
- Hanning, E. – Herdits, H. – Silvestri, E. 2015: Alpines Kupferschmelzen – technologische Aspekte. 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, 225–231.
- Hložek, M. 2008: Encyklopedie moderních metod v archeologii. Archeometrie. Praha: Libri.
- 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.
- Hughes, M. J. – Northover, J. P. – Staniaszek, B. E. P. 1982: Problems in the analysis of leaded bronze alloys in ancient artefacts. Oxford Journal of Archaeology 1, 359–363.
- Childe, V. G. 1927: The Danube thoroughfare and the beginnings of civilization in Europe. Antiquity 1, 79–91.
- Chmelíková, D. 2014: Ložiska měděné rudy u Mutěná (okr. DO) v západních Čechách a otázka jejich využití v pravěku. In: Acta rerum naturalium 16. Stříbrná Jihlava 2013, Jihlava: Muzeum Vysočiny Jihlava, 19–32.
- Chovan, M. – Slavkay, M. – Michálek, J. 1998: Metalogenéza d'umbierskej časti Nizkych Tatier. Mineralia Slovaca 30, 3–8.
- Christoforidis, A. – Pernicka, E. – Schickler, H. 1988: Ostalpine Kupferlagerstätten und ihre Bedeutung für die prähistorische Metallgewinnung in Mitteleuropa. Jahrbuch des Römisch-Germanischen Zentralmuseums Mainz 35, 533–536.

- Chvojka, O. 2009: Jižní Čechy v mladší a pozdní době bronzové. *Dissertationes archaeologicae Brunenses/Pragensesque* 6. Brno: Masarykova univerzita.
- Chvojka, O. 2010: Postavení jižních Čech v rámci středoevropských kultur popelnicových polí. In: V. Furmánek – 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.
- Jílková, E. 1952: Formy suroviny ve starší době bronzové. *Archeologické rozhledy* 4, 136–143.
- Jiráň, L. 2000: Die Frage nach Rohstoffquellen der urnenfelderzeitlichen Bronzezeit in Böhmen. In: J. Michálek et al. Hrsg., *Archäologische Arbeitsgemeinschaft Ostbayern/West- und Südböhmen: 9. Treffen: 23. bis 26. Juni 1999 in Neukirchen b. Hl. Blut*. *Archeologická pracovní skupina východní Bavorsko/Západní a jižní Čechy, Rahden/Westf.*: Verlag Marie Leidorf, 61–67.
- Jiráň, L. – Čujanová-Jílková, E. – Hrala, J. – Hürková, 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.
- Johansen, J. W. 2016: Heavy metal – lead in Bronze Age Scandinavia. *Fornvännen* 111, 153–161.
- Jurković, I. – Pezdič, J. – Šiftar, D. 1994: Geology and geochemistry of the mineralization from the Gornji Vakuf area, Bosnia. *Rudarsko-geološko-naftni zbornik* 6, 19–37.
- Kacsó, C. 2013: Beiträge zur Kenntnis des bronzezeitlichen Metallhandwerks in der Maramuresch. In: B. Rezi – R. E. Németh – S. Berecki eds., *Bronze Age Crafts and Craftsmen in the Carpathian Basin. Proceedings of the International Colloquium from Târgu Mureș, 5–7 October 2012*. *Bibliotheca Musei Marisiensis, Seria Archaeologica VI, Târgu Mureș: Editura Mega*, 225–238.
- Kadar, M. 2011: Începuturile și dezvoltarea metalurgiei bronzului în Transilvania. *Seria Istorie-Arheologie. Alba Iulia: Editura Aeternitas*.
- Korený, R. – Frána, J. – Hošek, J. – Fikrlé, M. 2010: Pár náramků z mladší doby bronzové z obce Drevníky u Dobříše, okr. Příbram. In: V. Furmánek – 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, 161–172.
- Krause, R. 2003: Studien zur Kupfer- und frühbronzezeitliche Metallurgie zwischen Karpatenbecken und Ostsee. *Vorgeschichtliche Forschungen* 24. Rahden/Westf.: Verlag Marie Leidorf.
- Krismer, M. – Bechter, D. – Steiner, M. – Lutz, J. – Tropper, P. – Vavtar, F. – Pernicka, E. 2009: Pb-Isotopensignaturen von ausgewählten ostalpinen Kupferlagerstätten, im Rahmen des SFB HiMAT. In: K. Oeggl – M. Prast Hrsg., *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: Innsbruck University Press*, 183–186.
- Krismer, M. – Hipp, F. – Staudt, M. – Goldenberg, G. – Tropper, P. 2012: Kupferschlackengemagerte Keramik von einem spätbronzezeitlichen Gräberfeld bei St. Leonhard/Kundl (Tirol, Österreich). *Geo.Alp. Veröffentlichung des Instituts für Geologie und Paläontologie der Universität Innsbruck und des Naturmuseums Südtirol/Museo Scienze Naturali Alto Adige, Bozen/Bolzano* 9, 110–118.
- Krismer, M. – Tropper, P. 2013: Die historischen Fahlerzlagerstätten von Schwaz und Brixlegg: Geologische und mineralogische Aspekte zum Bergbau im Unterinntal. In: *Montanwerke Brixlegg AG – K. Oeggl – V. Schaffer Hrsg., Cuprum Tyrolense. 5550 Jahre Bergbau und Kupferverhüttung in Tirol, Innsbruck: Edition Tirol*, 11–27.
- 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.
- Kuna, M. 1981: Zur neolithischen und äneolithischen Kupferverarbeitung im Gebiet Jugoslawiens. *Godišnjak XIX*, 13–81.
- Kvietok, M. 2014: Stav a perspektívy montánnej archeológie na hornom Pohroní. In: *Acta rerum naturalium* 16. *Stříbrná Jihlava 2013, Jihlava: Muzeum Vysočiny Jihlava*, 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 uralový průmysl*, 99–117.
- Kytlicová, O. 2007: *Jungbronzezeitliche Hortfunde in Böhmen. Prähistorische Bronzefunde XX/12*. Stuttgart: Franz Steiner.

- Lazarovici, Gh. – Pop, D. – Beşliu, C. – Olariu, A. 1995: Conclusions to the geochemical analyses of some copper sources and objects. *Acta Musei Napocensis* 32, 209–230.
- Ling, J. – Hjarthner-Holder, E. – Grandin, L. – Stos-Gale, Z. – Kristiansen, K. – Melheim, A. L. – Artioli, G. – Angelini, I. – Krause, R. – Canovaro, C. 2019: Moving metals IV: Swords, metal sources and trade networks in Bronze Age Europe. *Journal of Archaeological Science: Reports* 26, 101–134.
- Lutz, J. – Pils, R. – Pernicka, E. – Vavtar, F. 2010: Geochemische Untersuchungen an ostalpinen Kupfervorkommen und ihre Nutzung in prähistorischen Zeit. *Journal of Alpine Geology* 52 (PANGEO 2010 Abstracts), 172–173.
- Majer, J. 2004: Rudné hornictví v Čechách, na Moravě a ve Slezsku. Obrazy z dějin těžby a zpracování. Praha: Libri.
- Malach, R. – Štrof, A. – Hložek, M. 2016: Nová depozita kovové industrie doby bronzové v Boskovické brázdě. *Pravěk – Supplementum* 32. Brno: Ústav archeologické památkové péče.
- Marcoux, E. – Grancea, L. – Lupulescu, M. – Milési, J. P. 2002: Lead isotope signatures of epithermal and porphyry-type ore deposits from the Romanian Carpathian Mountains. *Mineralium Deposita* 37, 173–184.
- 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.
- Mozsolics, A. 1981: Gusskuchen aus wieder eingeschmolzenem Altmetall. In: H. Kaufmann – K. Simon Hrsq., *Beiträge zur Ur- und Frühgeschichte, Teil 1. Arbeits- und Forschungsgeschichte zur sächsischen Bodendenkmalpflege, Beiheft 16*. Berlin: VEB Deutscher Verlag der Wissenschaften, 403–417.
- Mozsolics, A. 1985: Ein Beitrag zum Metallhandwerk der ungarischen Bronzezeit. *Bericht der Römisch-Germanischen Kommission* 20, 19–72.
- Neuninger, H. – Pittioni, R. 1963: Frühmetallzeitlicher Kupferhandel im Voralpenland. Zur Frage der Herkunft des Ringbarren-Kupfers. *Archaeologica Austriaca, Beiheft 6*. Archiv für ur- und frühgeschichtliche Bergbauforschung Nr. 22. Wien: Franz Deuticke.
- Nevizánsky, G. – Šalkovský, P. – Zachar, T. 2017: Archeologický výskum v Slovenskom Pravne. Príspevok k poznaniu metalurgie medi v období eneolitu. *Zborník SNM v Martine – Kmetianum XIV*, 37–47.
- 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.
- Novotná, M. 1955a: Medené nástroje v Čechách a na Morave. *Archeologické rozhledy* 7, 510–517.
- Novotná, M. 1955b: Medené nástroje a problém najstaršej ťažby medi na Slovensku. *Slovenská archeológia III*, 70–100.
- Novotná, M. 1961: K problematike pôvodu hrivien. *Zborník Filozofickej fakulty Univerzity Komenského – Musaica I*, 35–43.
- Novotná, M. 1973: Einige Bemerkungen zur Datierung der Kupferindustrie in der Slowakei. *Zborník Filozofickej fakulty Univerzity Komenského – Musaica XIII*, 5–21.
- Novotný, J. – Novák, F. 1966: Mineralogicko-geochemická studie tetraedritů ze Španí Doliny. *Časopis pro mineralogii a geologii* 11, 239–247.
- Ozdín, D. – Chovan, M. 1999: New mineralogical and paragenetic knowledge about siderite veins in the vicinity of Vyšná Boca, Nízke Tatry Mts. *Slovak Geological Magazine* 5, 255–271.
- Págo, L. 1964: K problému proveniencie mědi a cínu ve starší době bronzové. In: J. Skutil ed., *Sborník III. Karlu Tihelkovi k pětadesátinám*, Brno: Archeologický ústav ČSAV, 87–92.
- Págo, L. 1965: Zur Frage der Benützung von Spektralanalysen für die Bewertung vorgeschichtlicher kupferner und bronzener Gegenstände. In: K. Tihelka, *Hort- und Einzelfunde der Ünëticer Kultur und des Vëteřover Typus in Mähren*. *Fontes Archaeologiae Moravice IV*, Brno: Archeologický ústav ČSAV, 88–98.
- Págo, L. 1968: Chemická charakteristika slovenské mëdëné rudy a její vztah k mëdi používané v pravëku. *Slovenská archeológia XVI*, 245–254.
- Parma, D. a kol. 2017: Archeologie střední a mladší doby bronzové na Vyškovsku. *Interpretační potenciál plošných záchranných výzkumů*. Brno: Ústav archeologické památkové péče.
- Paulin, A. – Spaić, S. – Spruk, S. – Heath, D. J. – Trampuž Orel, N. 1999: Speiss from Late Bronze Age. *Erzmetall* 52, 615–622.

- Pernicka, E. 1990:* Gewinnung und Verbreitung der Metalle in prähistorischer Zeit. Jahrbuch des Römisch-Germanischen Zentralmuseums Mainz 37, 21–129.
- Pernicka, E. 1999:* Trace element fingerprinting of ancient copper: a guide to technology or provenance?. In: S. M. M. Young et al. eds., *Metals in Antiquity*. BAR International Series 792, Oxford: Archaeopress, 163–171.
- Pernicka, E. 2010:* Archäometallurgische Untersuchungen am und zum Hortfund von Nebra. In: H. Meller – F. Bertemes Hrsg., *Der Griff nach den Sternen*. Internationale Symposium Halle (Saale) 16.–21. Februar 2005. Tagungen des Landesmuseums für Vorgeschichte Band 05, Halle (Saale): Landesamt für Denkmalpflege und Archäologie in Sachsen-Anhalt, Landesmuseum für Vorgeschichte, 719–734.
- Pernicka, E. 2014:* Provenance determination of archaeological metal objects. In: B.W. Roberts – C. P. Thornton eds., *Archaeometallurgy in Global Perspective*, New York: Springer, 239–268.
- Pernicka, E. 2017:* Untersuchungen zur Klassifikation und Herkunft der Spangenbarren von Oberding. In: Stadt Erding Hrsg., *Spangenbarrenhort Oberding*. Gebündelt und vergraben – ein rätselhaftes Kupferdepot der Frühbronzezeit. Museum Erding – Schriften 2, Erding: Museum Erding, 168–179.
- Pernicka, E. – Begemann, F. – Schmitt-Strecker, S. – Todorova, H. – Kuleff, I. 1997:* Prehistoric copper in Bulgaria. Its composition and provenance. *Eurasia Antiqua* 3, 41–180.
- Pernicka, E. – Lutz, J. 2015:* Fahlerz und Kupferkiesnutzung in der Bronze- und Eisenzeit. 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, 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. Lauermaun – 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.
- Pernicka, E. – Nessel, B. – Mehofer, M. – Safta, E. 2016:* Lead Isotope analyses of metal objects from the Apa Hoard and other Early and Middle Bronze Age items from Romania. *Archaeologia Austriaca* 100, 57–86.
- Pillay, A. E. 2001:* Analysis of archeological artefacts: PIXE, XRF or ICP-MS?. *Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry* 247, 593–595.
- Pittioni, R. 1954:* Urgeschichte des Österreichischen Raumes. Wien: Franz Deuticke.
- 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.
- Pittioni, R. 1964:* Woher kommt das Ostkupfer der Ringbarrendepots?. In: J. Skutil ed., *Sborník III. Karlu Tihelkovi k pětadesátinám*, Brno: Archeologický ústav ČSAV, 83–86.
- Pleiner, R. – Rybová, A. a kol. 1978:* *Pravěké dějiny Čech*. Praha: Academia.
- Podborský, V. 1974:* Na okraj výroby bronzových předmětů staršího metalika na Moravě. In: L. Wiegandová ed., *Archeologický sborník*. Věnováno památce Lumíra Jisla, Ostrava: Profil, 66–78.
- Prekop, F. 2013:* Možnosti prehistorického využívání surovin. In: J. Ratajová – L. Smola eds., *Proměny montánní krajiny – Historické sídelní a montánní struktury Krušnohoří, Loket: Národní památkový ústav, ÚOP v Lokti, 14–21.*
- Primas, M. – Pernicka, E. 1998:* Der Depotfund von Oberwilflingen. *Neue Ergebnisse zur Zirkulation von Metallbarren*. *Germania* 76, 25–65.
- Radivojević, M. – Roberts, B. W. – Pernicka, E. – Stos-Gale, Z. – Martínón-Torres, M. – Rehren, T. – Bray, P. – Brandherm, D. – Ling, J. – Mei, J. – Vandkilde, H. – Kristiansen, K. – Shennan, S. J. – Broodbank, C. 2019:* The provenance, use, and circulation of metals in the European Bronze Age: The state of debate. *Journal of Archaeological Research* 27, 131–185.
- Rădulescu, D. – Dimitrescu, R. 1966:* *Mineralogia topografică a României*. București: Editura Academiei Republicii socialiste România.
- Reinecke, P. 1930:* Die Bedeutung der Kupferbergwerke der Ostalpen für die Bronzezeit Mitteleuropas. In: *Direktion des Römisch-Germanischen Zentralmuseums in Mainz Hrsg., Schumacher-Festschrift*. Zum 70. Geburtstag Karl Schumachers: 14. Oktober 1930, Mainz: L. Wilckens, 107–115.
- Renfrew, C. – Bahn, P. 2012:* *Archaeology. Theories, Methods and Practise*. 6<sup>th</sup> Edition. London: Thames & Hudson.

- Rychner, V. – Kläntsch, 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 nález bronzové industrie z Borotína, okr. Blansko. Archeologické rozhledy 38, 139–164.
- Salaš, M. 1997: Der urnenfelderzeitliche Hortfund von Polešovice und die Frage der Stellung des Depotfundhorizonts Drslavice in Mähren. 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. 2018: Kovová depozita mladší doby bronzové z hradiska Réna u Ivančic. Brno: Moravské zemské muzeum.
- 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 popelnicových 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.
- Sejkora, J. – Šrein, V. 2012: Supergenní Cu mineralizace z Mědníku na Měděnci, Krušné hory (Česká republika). Bulletin mineralogicko-petrologického oddělení Národního muzea v Praze 20, 255–269.
- Sejkora, J. – Ševko, M. – Macek, I. 2013: Příspěvek k chemickému složení tetraedritu z Cu ložiska Piesky, rudní revír Špania Dolina, střední Slovensko. Bulletin mineralogicko-petrologického oddělení Národního muzea v Praze 21, 89–103.
- Schaff, F. – Gori, M. – Thomas, P. – Hsu, Y.-K. – Eisenach, P. 2018: Leibniz-Postdoktorandenschule „Resources in Societies“ (ReSoc). In: Jahresbericht des Instituts für Archäologische Wissenschaften für das akademische Jahr 2017–2018, Bochum: Institut für Archäologische Wissenschaften RUB, 130–131.
- Schalk, E. 1998: Die Entwicklung der prähistorischen Metallurgie im nördlichen Karpatenbecken. Eine typologische und metallanalytische Untersuchung. Internationale Archäologie. Naturwissenschaft und Technologie 1. Rahden/Westf.: Verlag Marie Leidorf.
- Schránil, J. 1921: Studie o vzniku kultury bronzové. Praha: Tiskem V. & A. Janaty v Novém Bydžově.
- Schreiner, M. 2007: Erzlagerstätte im Hronal, Slowakei. Genese und prähistorische Nutzung. Forschungen zur Archäometrie und Altertumswissenschaft 3. Rahden/Westf.: Verlag Marie Leidorf.
- Sklenář, K. – Sklenářová, Z. – Slabina, M. 2002: Encyklopedie pravěku v Čechách, na Moravě a ve Slezsku. Praha: Libri.
- Slavkay, M. 1971: Ložiská polymetalických rud pri Ponikách. Mineralia Slovaca III, 181–213.
- Soroceanu, T. – Rezi, B. – Németh, R. E. 2017: Der Bronzedeptfund von Bandul de Câmpie, jud. Mureș/Mezőbánd, Maros-Megye. Beiträge zur Erforschung der spätbronzezeitlichen Metallindustrie in Siebenbürgen. Universitätsforschungen zur prähistorischen Archäologie 307. Bonn: Habelt Verlag.
- Sperber, L. 2004: Zur Bedeutung des nördlichen Alpenraumes für die spätbronzezeitliche Kupferversorgung in Mitteleuropa mit besonderer Berücksichtigung Nordtirols. 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, 303–345.
- Staudt, M. – Goldenberg, G. – Lamprecht, R. – Zerobin, B. 2018: KG Buch, OG Buch in Tirol. Fundberichte aus Österreich 55, 487–490.
- Staudt, M. – Goldenberg, G. – Scherer-Windisch, M. v tisku: Montanarchäologische Untersuchungen zum prähistorischen Bergbau im Bergbaurevier Schwaz-Brixlegg 2015. Fundberichte aus Österreich, v tisku.
- Stöllner, T. 2009: Die zeitliche Einordnung der prähistorischen Montanreviere in den Ost- und Südalpen – Anmerkungen zu einem Forschungsstand. In: K. Oeggel – M. Prast Hrsg., 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: Innsbruck University Press, 37–60.
- Stöllner, T. 2010: Copper and Salt – Mining Communities in the Alpine Metal Ages. In: P. Anreiter et al. eds., Mining in European History and its Impact on Environment and Human Societies – Proceedings for the 1<sup>st</sup> Mining in European History-Conference of the SFB-HiMAT, Innsbruck 12.–15. November 2009, Innsbruck: Innsbruck University Press, 297–313.
- Stöllner, T. 2015: Die alpinen Kupfererzreviere: Aspekte ihrer zeitlichen, technologischen und wirtschaftlichen Entwicklung im zweiten Jahrtausend vor Christus. 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, 99–105.
- Stránský, K. – Salaš, M. 1987: Príspevek k poznání výroby meďi v době bronzové. In: J. Merta ed., Zkoumání výrobních objektů a technologií archeologickými metodami 4, Brno: Technické muzeum, 11–23.
- Stuchlík, S. 1975: Užití bronzu v pravěku. Břeclav: Regionální muzeum v Mikulově.
- Stuchlík, S. 1993: Hospodářství a společnost doby bronzové. In: V. Podborský a kol., Pravěk dějiny Moravy. Vlastivěda moravská. Země a lid 3, Brno: Muzejní a vlastivědná společnost, 353–357.
- Thomas, P. 2014: Copper and Gold – Bronze Age ore mining in Transylvania. *Apulum, series Archaeologica et Anthropologica* LI, 177–193.
- Thomas, P. 2018: Studien zu den bronzezeitlichen Bergbauhöhlen im Mitterberger Gebiet. *Forschungen zur Montanlandschaft Mitterberg* 1. Der Anschnitt. *Montanhistorische Zeitschrift, Beiheft* 38. Veröffentlichung aus dem Deutschen Bergbau-Museum Bochum Nr. 223. Bochum: Verlag Marie Leidorf.
- Tihelka, K. 1965: Hort- und Einzelfunde der Úněticer Kultur und des Věteřover Typus in Mähren. *Fontes Archaeologiae Moraviae* IV. Brno: Archeologický ústav ČSAV.
- Točič, A. – Bublová, H. 1985: Príspevek k výskumu z zaniknutej ťažby meďi na Slovensku. *Študijné zvesti Archeologického ústavu SAV* 21, 47–135.
- Točič, 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 Hrsg., *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.
- Tolksdorf, J. F. – Schröder, F. – Petr, L. – Herbig, Ch. – Kaiser, K. – Kočár, P. – Fülling, A. – Heinrich, S. – Hönig, H. – Hemker, Ch. 2019: Evidence for Bronze Age and medieval tin placer mining in the Erzgebirge mountains, Saxony (Germany). *Geoarchaeology*, 1–19. DOI: <http://doi.org/10.1002/geo.21763>
- Tomeš, G. – Staudt, M. – Töchterle, U. 2013: Zur Bedeutung des prähistorischen Bergbaus auf Kupfererze im Raum Schwaz-Brixlegg. In: Montanwerke Brixlegg AG – K. Oegg – 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.
- Trampuž-Orel, N. – Milič, Z. – Hudnik, V. – Orel, B. 1991: Inductively coupled plasma-atomic emission spectroscopy analysis of metals from Late Bronze Age hoards in Slovenia. *Archaeometry* 33, 267–277.
- Tropper, P. – Krismer, M. – Goldenberg, G. 2017: Recent and ancient copper production in the Lower Inn Valley. An overview of prehistoric mining and primary copper metallurgy in the Brixlegg Mining District. *Mitteilungen der Österreichischen Mineralogischen Gesellschaft* 163, 97–115.
- Turan, J. 1961: O zrudnení na Trangoške a o niektorých výskytoch v údolí Bystrej a Mlynej na južnom svahu Nizkých Tatier. *Geologické práce – Zprávy* 23, 85–114.
- Velebil, D. – Dolníček, Z. 2018: Tetraedrit z Únětic – Holého vrchu u Prahy jako zdroj meďi supergenní mineralizace s azuritem a malachitem v proterozoických břidlicích. *Bulletin Mineralogie Petrologie* 26, 37–42.
- 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. – Bartík, J. – Farkaš, Z. 2019: Chemická analýza medených a bronzových artefaktov z depotu zo Svätého Jura I a súboru z Bukovej I. Príspevek k problematike prehistorickej ťažby meďi v pohorí Malé Karpaty. In: I. Bazovský – G. Březinová eds., *Ľudia a hory – archeologická perspektíva. Interakcie ľudských spoločností horských a podhorských oblastí západného Slovenska. Zborník Slovenského národného múzea – Archeológia, Supplementum* 12, Bratislava – Nitra: Archeologické múzeum SNM – Archeologický ústav SAV, 103–118.
- Zachar, T. – Malček, R. 2011: Sídliškové nálezy pilinskej kultúry zo Zvolena. Príspevek k problematike osídlenia oblasti Slovenského stredohoria v strednej dobe bronzovej. In: R. Korený ed., *Podbrdsko – Miscellanea* 2, Příbram: Hornické muzeum Příbram, 25–42.
- Zachar, T. – Salaš, M. 2018: Provenienca medenej suroviny na Morave v mladšej dobe bronzovej na príklade kovových depotov z Blučiny a Borotína. *Archeologické rozhledy* 70, 39–66.
- Zachar, T. – Struhár, V. 2017: Bronzová dýka s jazykovitou rukoväťou zo Španej Doliny – Pieskov. *Pravěk* NR 25, 53–84.



## Contribution to the issues of the distribution of copper from central Slovakia in Moravia in Late Bronze Age on the example of the metal hoards Blučina 1 and Blučina 13

This study deals with the determination of provenance of a copper material on the example of 16 copper ingots from the hoards of metal objects Blučina 1 and 13. The site of Blučina lies in the historic area of Moravia, present day Czech Republic (*fig. 1: 1*). Chronologically both hoards come from Late Bronze Age, specifically from the stage B D1 (*Salaš 2005*, 138–140). During basic processing of chemical and isotope analyses of copper ingots from Blučina 1 hoard fahllore copper was identified. Its origin can be found in Western Carpathians (*Zachar – Salaš 2018*, 50–55, *fig. 2, 5, 6*). The aim of this article is to confirm the occurrence of copper coming from Western Carpathians, specifically from the area of Central Slovakia (copper mining region Špania Dolina, *fig. 1: 7*). In order to find the provenance of the copper material used for the production of the copper ingots, we chose a method of elemental analysis with analysis of stable lead isotopes. The values of the chemical elements of copper ingots were established using the ICP-MS method in combination with ICP-OES (*dos Santos et al. 2005; Young et al. 1997*), complemented in some cases with NAA analyses (*Frána et al. 1997*). 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 expectation that the ingots were composed of copper without a tin alloy (*tab. 1; Salaš – Stránský – Winkler 1993*). In two ingots were detected higher values of lead (sample Blu1-5; 3,89 % Pb; *tab. 1*) and iron (sample Blu13-33; 6,84 % Fe; *tab. 1*). Content of lead in the ingots up to 5% does not allow us to determine reliably whether the copper could have been intentionally alloyed with lead (*Pernicka 1990*, 55). Contamination of copper ingots with iron comes from the technologically immature process of copper ore smelting in Late Bronze Age. The copper ingots accordingly represent a primary metallurgy product suitable for determination of provenance. While establishing the material groups of individual ingots, 12 chemical elements, with exclusion of Pb and Fe because of contamination (*tab. 1*), were included into hierarchical cluster analysis (*Krause 2003*, 14–29).

Two clusters were identified (*fig. 2; 3*). The order of the elements Ni, As, Ag and Sb within individual clusters enabled us to determine material groups prevalent 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 fahllore copper (Sb>Ag>Ni>As; Ag>Ni>Sb/As>As/Sb; As>Ag>Sb/Ni ≥ Ni/Sb). Cluster 2 (*fig. 2*) contains the ingot material (Ni>As>Sb>Ag; Sb>Ni>As>Ag) coming from chalcopyrite ores. This type of copper can be designated as Eastern Alpine copper (*Pernicka – Mehofer 2013*, 42). The differences between individual clusters are confirmed by the graph of mean values of selected chemical elements. For fahllore chemical signatures is typical higher representation of Ag and lower of Ni (*fig. 3*).

For determination of fahllore copper raw material from hoards Blučina 1 and 13 (cluster 1; *fig. 2, 3*) were compared the values of stable lead isotopes from fahllore deposits in Central Europe (*fig. 1: 2–3, 7–12*) with possible mining (Saxo-Bohemian Erzgebirge/Ore Mountains and Vogtland, region Baia Mare), indirectly documented (Špania Dolina, Poniky, Vyšná Boca) and documented mining in Late Bronze Age (Schwaz/Brixlegg). Based on the analysis of stable lead isotopes we can exclude the origin of copper ingots from Blučina to be in Saxo-Bohemian Erzgebirge/Ore Mountains and area of Vogtland (*Niederschlag et al. 2003*), as well as mining region Baia Mare situated in Romanian Eastern Carpathians (*fig. 4, 5; Marcoux et al. 2002*). When comparing the ingots from Blučina 1 and 13 with fahllore material from Tyrol region Schwaz/Brixlegg (*Höppner et al. 2005*) and Špania Dolina, Poniky and Vyšná Boca in Central Slovakia (*Schreiner 2007*), we can see certain similar orogenesis of both sites and copper ingots (*fig. 6*). Because of a large dispersion of values of stable isotopes, we cannot assign the origin of ingots from Blučina 1 and 13 to any of the deposits. We can see partial overlapping of values of stable lead isotopes in ingots from Blučina with some artifacts of Pilinyi culture in Central Slovakia (*Zachar – Malček 2011*).

The values of stable isotopes of the two copper ingots from hoard Blučina 1 (cluster 2; *fig. 2*) correspond with the ores from region Mitterberg, Kitzbühel and Viehofen (*fig. 1: 4–6; 6; Pernicka – Lutz – Stöllner 2016*). Considering similar isotope values of mining regions Schwaz/Brixlegg, Špania Dolina, Poniky and Vyšná Boca we compared the values of chemical elements Ni and Ag of Blučina ingots and copper ores from both selected mining regions (*Krismer et al. 2011; Schreiner 2007*). The graph of the relationship of values of Ni and Ag excludes region Schwaz/Brixlegg, Poniky and Vyšná Boca and enables us to look for the origin of copper ingots from Blučina 1 and 13 with tetrahedrite signature (cluster 1; *fig. 2*) in the area of Špania Dolina (*fig. 7*). In the same time the graph confirms the belonging of both ingots from Blučina 1 with chalcopyrite signature (cluster 2) to the ores from Eastern Alpine mining region Mitterberg, Kitzbühel and Viehofen (*fig. 7*). Mutual comparing of the values of ingot elements As and Sb, Ag and Sb, as well as Ni a As, from cluster 1 from Blučina 1 and 13 with ores from the area of Špania Dolina and Schwaz/Brixlegg (*fig. 8–10*) does not allow us to responsibly assign the Blučina ingots to no fahlore deposit. The reasons can be found in natural loss of As and Sb of final copper ingots when compacting primary copper ore (*Pernicka 1999*). The relationship of values of Ag and Sb (*fig. 9*), as well as Ni and As (*fig. 10*) suggests, that the original values of the ore, from which the ingots from Blučina 1 and 13 (cluster 1) were smelted corresponds with the ores from Špania Dolina region. First bigger series of modern elemental and isotope analyses of copper ingots from the hoards Blučina 1 and 13 suggests, that apart from the suspected copper ore from the region of Eastern Alps, we can also find in the area of historic Moravia in the beginning of Late Bronze Age also the copper with origin in Western Carpathians (mining region Špania Dolina; *Zachar – Salaš 2018*). These results will have to be confirmed by the analyses of another fahlore deposits in the area of Tirol Alpes (*Tomedi – Staudt – Töchterle 2013*), as well as archaeological finds from Central Europe.