

Hrubý, Petr; Malý, Karel; Milo, Peter

Archeometalurgie a geofyzika středověkých areálů zaměřených na produkci drahých kovů

Archaeologia historica. 2016, vol. 41, iss. 2, pp. 391-413

ISSN 0231-5823 (print); ISSN 2336-4386 (online)

Stable URL (DOI): <https://doi.org/10.5817/AH2016-2-20>

Stable URL (handle): <https://hdl.handle.net/11222.digilib/135612>

Access Date: 30. 11. 2024

Version: 20220831

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

ARCHEOMETALURGIE A GEOFYZIKA STŘEDOVĚKÝCH AREÁLŮ ZAMĚŘENÝCH NA PRODUKCI DRAHÝCH KOVŮ

PETR HRUBÝ – KAREL MALÝ – PETER MILO

Abstrakt: Studie se zaměřuje na zaniklé středověké úpravny a hutě, které jsou archeologickými památkami i neobvyklými krajinnými prvky, a představuje dosud aplikované metody nedestruktivního a částečně destruktivního průzkumu na případově lokalitě na jižním břehu Sázavy na katastrálním území Utín, okr. Havlíčkův Brod. Tyto metody zahrnují archeologické sondáže, půdní vrty a odběry půdních geochemických vzorků v plošné síti a geomagnetická měření. Cílem studie je zodpovězení otázky, jak lze prohloubit naše znalosti předindustriálních metalurgických areálů, které ovlivnily strukturu středověké kulturní krajiny. Má podat informaci o efektivitě stanovených metod pro výzkum infrastruktury provozů v produkci drahých kovů ve středověku.

Klíčová slova: středověká metalurgie – geomagnetická prospekce – geochemie – terénní metodiky.

Archaeometallurgy and Geophysics of the Medieval Sites Specialized in Precious Metal Production

Abstract: This study focuses on the archaeological remains of medieval ore-beneficiation and smelting workshops, which are considered both important for cultural heritage and are themselves extraordinary features in the landscape. The goal of this paper is to demonstrate and evaluate the use of non-destructive (or small-scale-destructive) prospection methods on a selected site on the southern bank of the Sázava river (Utín cadastral zone, Havlíčkův Brod district). These methods include archaeological trenches, pedological survey, coring, and soil sampling in an orthogonal surface grid combined with geochemical analyses and geomagnetic surveying. The study seeks to answer the question: How can we expand our knowledge of the proto-industrial metallurgical sites that influenced the structure of the medieval cultural landscape? Furthermore, the study demonstrates the effectiveness of the applied methods for research into the infrastructure of manufacturing sites and workshops of the precious metal extractive technologies in the Middle Ages.

Key words: medieval metallurgy – geomagnetic prospection – geochemistry – field methodologies.

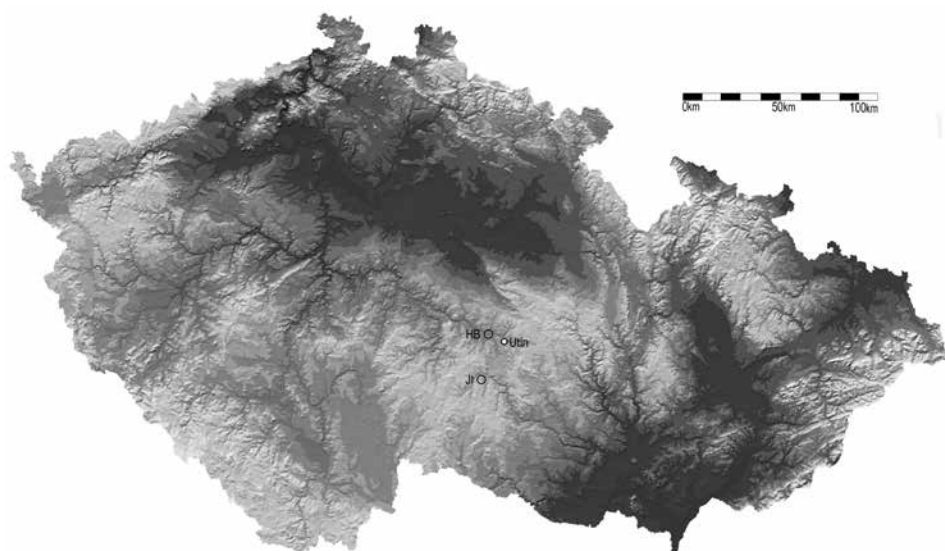
1 Co jsou zpracovatelské areály zaměřené na produkci drahých kovů?

1.1 Zaniklé zpracovatelské areály v krajině

Na centrální Českomoravské vrchovině se ve 13.–14. století, tedy v době konjunktury středověkého rudného hornictví, zaměřeného zejména na produkci stříbra a olova, nacházelo množství dolů, úpraven a hutí. Ty pracovaly v závislosti na tempu těžby buď krátkodobě, anebo dlouhodobě a z hlediska objemu produkce je můžeme zhruba dělit na „maloprovozy“ a „velkoprovozy“. Pod pojmem úpravnický areál rozumíme pozůstatky více pracovišť prostorově i funkčně integrovaných, jejichž produktem byl rudní koncentrát připravený k metalurgickému zpracování (srov. kap. 1.2). Nejčastěji se úpravny nalézají u vodních toků, a to v místech, kde je vzdálenost mezi doley a vodním tokem minimální. V úpravnických areálech se mohou nacházet podpovrchové strukturované archeologické situace s pozůstatky technických zařízení (nádržky, koryta, mlýny, stoupy, pece), případně obydlí i jiné objekty. K movitým archeologickým nálezům patří obvykle keramika, v anaerobních půdních podmínkách to mohou být i předměty či výrobní odpad z organických materiálů (Hrubý a kol. 2012). Cenným zdrojem informací je samotný úpravnický odpad. Charakteristickým druhem nálezů jsou mléci kameny a jejich zlomky, nalézané ve všech historických rudních revírech. Jsou pozůstatky rudních mlýnů. Jimi se rudnina vícestupňově rozemílala, aby z ní mohla být následně gravitačně oddělena užitková ruda (kap. 1.2). Využívaly se i k rozemílání strusek z předchozích taveb či praženého rudního koncentrátu.

Pravidelným jevem je provázanost úpraven s hutěmi. Nejtypičtější krajinnou stopou hutnických pracovišť jsou struskoviště. Ta mohou být patrná v podobě vegetací pokrytých strusko-

vých hald, avšak většinou jsou již aplanovaná a převážně zazemněná v nivách potoků a řek, případně se projevují přímo v řečištích. Na Havlíčkobrodsku jich známe okolo dvou desítek (Havlíček 2007; Malý–Rous 2001; Malý a kol. 2007; Rous 2007; Rous–Malý 2004; Hrubý a kol. 2012; Hrubý 2011, 28, 258–261; 2014, 612, 617, obr. 9; Vosáhlo 2012). Má se za to, že důvodem pravidelné přítomnosti hutnišť u vodotečí je pohon měchů pecí vodním kolem. Jev přesouvání hutních pracovišť do údolí a jejich územní stabilizace byl prokázán v západním Harzu, kde se pro tento typ areálů vžilo označení Talhütten a kde tento proces probíhal od počátků 13. století nejen v souvislosti s právními a organizačními změnami, ale také s technickými inovacemi, především se zaváděním pohonu měchů pecí vodním kolem (Bartels a kol. 2007, Abb. 13, 112, Abb. 39, 114–118, 125–186). Tento jev však může souviset i s blízkostí gravitačních úpraven, které mokrou cestou produkovaly rudní koncentrát, a s hutěmi proto byly z praktických důvodů prostorově propojené. A tak i hutě jsou blízko vody bez ohledu na to, zda měchy pecí vodní kola skutečně poháněla. Podobně jako lze ve středověkém měřítku rozlišovat z hlediska trvání, rozsahu a objemu těžby tzv. velkoprovaz a maloprovaz (Hrubý 2014a, 268–269), rozlišujeme i mezi hutnickými provozy pracoviště nejprve tzv. centrální. Ta pracovala stabilně, dlouhodobě a tavily se zde rudy z více důlních podniků v okolí. Jejich protikladem jsou malá hutniště lokální, zřízená krátkodobě a účelově ke zpracování rud z blízkých malých provozů. Jejich život končil zpravidla po vyčerpání daného ložiska a uzavření příslušného důlního maloprovazu (Rous–Malý 2004, 122, 130).



Obr. 1. Mapa ČR s vyznačením zájmové lokality.
Abb. 1. Karte Tschechiens mit eingezeichneten Fundstellen von Interesse.

1.2 *Produkce úpraven a hutí*

Na Českomoravské vrchovině byly předmětem exploatace a úpravy hlavně obecné sulfidy (pyrit, arsenopyrit, chalkopyrit, galenit a sfalerit). Tzv. ušlechtilé a na stříbro bohaté rudy se ve větším množství objevovaly jen výjimečně. Hlavním koncentrátorem stříbra byl galenit, který má obsahy Ag mezi obecnými sulfidy nejvyšší. Stříbro je v něm vázáno buď izomorfně, nebo v podobě heterogenních příměsí (nejčastěji mikroskopických inkluzí) Ag-nerostů (tetraedritu, freibergitu, pyrargyritu, akantitu-argentitu aj.). Celkový obsah stříbra, které je takto vázáno na galenit, je obvykle v prvních desetínách hmotnostních procent, výjimečně až v prvních procentech. Základem hutnického zpracování takových polymetalických rud bylo jejich roztřídění

na galenitový koncentrát a směsný sulfidický koncentrát, který byl na olovo chudý a dobovými technologiemi nerozdělitelný na jednotlivé fáze. Podle všeho představoval galenitový koncentrát výrazně menšinový produkt. Na olovo chudé sulfidické koncentráty (pyrit, arsenopyrit, chalkopyrit, pyrotin, sfalerit, příměs galenitu), které středověkými postupy nebylo možné dále rozdělit, mohly být zpracovávány více hutnickými postupy.

Hlavní funkcí úpraven byla výroba rudního koncentrátu různé zrnitosti i složení, čehož se dosahovalo i několikastupňovou separací. Rudnina byla nejprve ručně tříděna, čehož produktem byl koncentrát z větších agregátů, roztržiděný na galenit a ostatní sulfidy. Dalším výstupem byl směsný koncentrát drobnější frakce, obsahující menšinově galenit v podobě závalků a vtroušenin, u něhož nebylo možné manuální oddělení mj. i od křemene, se kterým byl prorostlý. Aby mohly být i z tohoto meziprojektu gravitačně odděleny hodnotné olovem bohaté rudy, byl nejprve granulometricky upraven na přibližně stejné zrno. Toho se dosahovalo roztloukáním, vícestupňovým mletím a nejspíš i síťováním. Produktem gravitační úpravy byl komplexní sulfidický koncentrát, získávaný ze všech texturních a strukturních typů rudniny. Z praktického hlediska je však pravděpodobné, že i z tohoto produktu byl galenit (se sulfidy stříbra) ručně vytříděn, pokud to bylo v možnostech dobových technologií rozduřování rud. Ručně vybíraný galenitový koncentrát s 60–70 % Pb může obsahovat 0,3–2,5 % Ag (Holub–Malý 2012). Vytříděná rudnina pro prání se deponovala v blízkosti prádel. Rudy zbavený vypraný materiál postupně zanašel dna nádrží i koryt, hromadil se v okolí.

Pokud jde o produkci hutí, pociťujeme v bádání absenci autentických nálezů jejich produktů, tedy vyhutněných barevných a drahých kovů. Majoritním nálezovým materiálem je hutnický odpad, tj. strusky (srov. kap. 1.1). Analýzy strusek po hutnění polymetalických rud byly dosud provedeny na značném množství vzorků ze všech revírů centrální Českomoravské vrchoviny. Na Jihlavsku byly analyzovány strusky z lokalit vázaných na starohorskou dislokaci, Smrčenský či Bělokamenský potok (Malý a kol. 2007, 130–131; Hrubý a kol. 2007, 258–261; Kapusta a kol. 2012; 2013; 2014). Na Havlíčkobrodsku pak z hutnišť při Sázavě u Stříbrných Hor, na Borovském potoce, u Utína a u České Bělé (Malý–Rous 2001; Rous–Malý 2004, 137–140; Janíčková a kol. 2012). Na Pelhřimovsku byly analyzovány vzorky z lokality Cvilínka a z hutniště u Čejkova (Hrubý a kol. 2012, 372–376; Kapusta a kol. 2015). Přesto by se mohlo zdát, že počet analýz stále není reprezentativní a neumožňuje bezpečně se vyslovit ke konkrétním technologiím středověkého hutnictví a zejména k otázce přípravy různých typů koncentrátů, jejichž hutnické zpracování se podle složení lišilo.

Zaměříme-li se na jeden z předpokládaných hutních produktů, tj. na stříbro, pak je třeba věnovat pozornost skupině hmotné kultury, která je v numismatice a dílem i v archeologii známá, a to jsou slitky, placky a sekance stříbra. Stříbro těchto forem pochází převážně z mincovních a smíšených depotů, méně z obchodních lokalit či sídlišť. Od zlomků odlišujeme placky různých rozměrů a hmotností, vzniklé na dnech kelímků. Někdy jejich velký objem a hmotnost prozrazuje slití z více menších vstupních kusů. Dalším tvarem jsou menší kuličky či nepravidelné výtavky, vzniklé nejspíš na dnech sháněcích misek. Součástí tohoto druhu stříbra jsou i asymetrické slitky stříbra. Specifickou skupinou jsou sekané kusy těchto tvarů, u kterých lze více či méně sledovat snahu o jejich přizpůsobení nějakému váhovému standardu. Vedle chemického složení, kdy podíl Ag ve sliticích značně kolísá (někdy méně než 70 %), je nezbytné sledovat i homogenitu artefaktů. Rentgenofluorescenční analýzy stříbra např. z depotů Písková Lhota (Militký–Krásný 2009; XRF analýza D. Perlík, Roztoky u Prahy), Fuchsenhof, ale i Dąbrowa Górnicza–Łosień ukazují, že slitky jsou chemicky nehomogenní, nedůsledně protavené a vždy s podílem Pb až v desítkách procent (Der Schatzfund 2004, 336, tab. 8, 341, tab. 32b, 669; Melcher–Schreiner 2004; Rozmus 2014, 188–189, Tab. 8 a 9). Nejde tedy o žádnou záměrně připravenou slitinu (Janáček 1972, 882), nýbrž o nekvalitně protavené surové stříbro ze sháněcích pecí na hutích, které označujeme jako tzv. hertovní stříbro (z něm. Herdsilber).

Z archeologického výzkumu hornické aglomerace na jihlavských Starých Horách pochází slitky stříbra, u něhož dvě strany okraje nesou stopy podélného a příčného dělení sekáním. Hmotnost slitky před analýzou byla 36,025 g. Prvkové složení podle EDX analýzy je: Ag 97,84 %;

Pb 1,84 %. Trochu jinak vychází složení určené podle XRF analýzy: Ag 90,89 %; Pb 8,52 %; Fe 0,37 % a Bi 0,21 % (Hrubý 2011, tab. 5). Kuličkovitý úkapek stříbra pochází z povrchových průzkumů blízkého hornického areálu Buchberg u Utína. Jeho prvkové složení podle XRF analýzy je Ag 94,50 %; Pb 3,41 %; Cu 2,00 %; stopově Bi a Au. Malý slitek stříbra ryzosti přes 0,900 o hmotnosti asi 1,5 g známe i z lokality Havírna u Štěpánova nad Svratkou (Doležel–Kejzlar 2014).

1.3 Terénní výzkum a průzkum předindustriálních zpracovatelských areálů

Metodika terénního průzkumu úpraven a hutí z předprůmyslového období byla v oblastech historické těžby polymetalických rud nejdříve rozvíjena na Havlíčkobrodsku. V tomto ohledu má region před ostatními výhodu v podobě zdaleka nejbohatšího fondu listinných pramenů k propůjčkám dolů, měř a štol ve 13. a 14. století v celé přemyslovské mocenské sféře. Nemenší předností Havlíčkobrodská jsou pak staré revírní mapy z 18. a 19. století, jejichž autoři evidovali nejen důlní stařiny, nýbrž i stará struskoviště, přičemž v té době byl stav zachování obou typů památek nesrovnatelně lepší než dnes. Nejstaršími prameny tohoto druhu jsou mapy starých i novějších důlních děl u Německého Brodu z roku 1773, jejichž autorem je Johann Christian Fischer a v nichž jsou zobrazeny staré hornické práce (digitální mapový archiv ČGS, sign. RD/507, RD/573). U vodních toků nalezneme pečlivě evidovaná a popsaná struskoviště. Další z Fischerových topografických děl je Grund Ries des Silberberger mittägigen Pupernecker Gebürgs z roku 1776 (digitální mapový archiv ČGS, sign. MAA 0455). Významný je mladší soubor několika různě podrobných a obsáhlých revírních map z let 1874–1880, jejichž autorem je horní mistr Johann Höniger a z nichž některé se dochovaly v originálech, některé překreslené pozdějšími autory (Rous–Malý 2004, 14–143; digitální mapový archiv ČGS, sign. M 2 B 127, MAA 819, S 23-01/002, MAB 410, MA-B/0406, MA-B/0407). Vhodná a deskriptivní je pro oblast Stříbrné Hory – Utín mapa Böhmisch Schützendorf und Silberberger Bergbau Terrain z roku 1880 (digitální mapový archiv ČGS, sign. M 2 B 127; viz obr. 3). Tyto mapy se staly ideálními podklady při vědecky motivované terénní verifikaci tohoto typu areálů v současnosti (Rous–Malý 2004).

Terénní průzkum předindustriálních zpracovatelských areálů vychází ze zásad archeologie, třebaže je z principu věci obohacen o specifické aktivity zaměřené na získání archeometalurgických dat (viz kap. 1.2 a 1.4). Většina dosavadních průzkumů měla formy povrchových sběrů, vrypů či menších sondáží doplněných později o řízenou a dokumentovanou prospekci pomocí detektorů kovů a o geofyzikální měření (viz kap. 1.5 a 2.3). Plošné odkryvy úpravnických a hutnických areálů proběhly v terénu Českomoravské vrchoviny zatím jen na starohorské dislokaci v Jihlavě, u Květinova a v České Bělé na Havlíčkobrodsku a u Černova na Pelhřimovsku. Ve všech případech šlo o archeologické výzkumy záchranné. Metody exkavace vycházejí ze standardů terénní archeologie, přičemž se vždy přizpůsobují řadě okolností, včetně povahy areálu, který je předmětem výzkumu (Hrubý a kol. 2014, 57–64).

1.4 Půdní vzorky: geochemie ve službách archeometalurgického výzkumu předindustriálních zpracovatelských areálů

Geochemické analýzy vzorků rudniny, koncentrátů, úpravnického odpadu a provozních výplní pecí jsou vedle analýz strusek, klejtu a slitků kovů druhou hlavní skupinou pramenů archeometalurgického studia předindustriálních zpracovatelských areálů. Nejlépe se vzorkování uplatnilo na plošně archeologicky zkoumaných areálech a na nivních profilech s komponenty hornické a metalurgické činnosti. Půdní vzorky se odebírají za účelem analýz barevných kovů a separace technogenních částic, mezi něž patří žilovina, ruda (popř. koncentrát), strusky, úkapy barevných kovů, okuje, uhlíky apod. Z plošně zkoumaných archeologických situací na lokalitách Česká Bělá, Jihlava a Cvilíněk u Černova byly odebírány půdní vzorky z úrovně po plošném začišťení odkrytých archeologických situací v ortogonální síti 5 × 5 m (Hrubý 2011, 126–129; Hrubý a kol. 2012, 364). V obou areálech byly dále vzorky pro účely půdní metalometrie v nejužším pracovním prostoru okolo odkrytých pozůstatků pecí a v jejich výplních odebírány ve zhuš-

těné síti 1 × 1 m. Výsledné plošné metalogramy jsou odrazem intenzity a prostorového rozložení pracovních aktivit na dolech a v úpravkách, při nichž se manipulovalo s rudninou, koncentrátem a s kovy. Dílčí metalogramy okolí pecí mohou vedle rekonstrukce pracovního prostoru poněkud pomoci i při jejich funkční interpretaci (Hrubý a kol. 2012, 370–373; 2014, 80–82).

Vzorky provozních či odpadních uloženin v objektech spojených s úpravnickou činností (stoupování, mletí, praní, pražení) byly ještě prošlichovány. Na lokalitách Česká Bělá a Květinov byly šlichovány i vzorky z výplní relikvů pecí a ohnišť. Z těchto uloženin byly podle možnosti separovány i drcené a mleté strusky, submakroskopické úkapy kovů, okuje, sféricky apod. (Hrubý a kol. 2014, 103). Šlichování na lokalitě Cvilíněk se zaměřilo na výplně nádržek v prádlech. Bylo zjišťováno fázové a chemické složení těžkého podílu, přítomnost upravované rudniny nebo rudního koncentráту. Při separaci technogenních komponent z půdních vzorků se šlich „dotahuje“ na rýžovací misce až v laboratorních podmínkách. Získaný materiál se suší, sítuje na frakci 0,2–2 mm a separace se dokončuje v bromoformu. Mineralogické vyhodnocení koncentráту těžkých minerálů probíhá většinou pod binokulárním mikroskopem a podle potřeb se analyzuje přítomnost a obsah zájmových, obvykle kovových prvků. Jejich spektrum bývá podle podmínek rozličné. Na profilech u České Bělé byly zjišťovány prvky As, Ba, Pb, Ag, Cd, Cu, Zn, Au, Sb. Arzen a bismut byly stanoveny pomocí metody HGAAS; měď, zinek, stříbro, kadmium a olovo byly stanoveny metodou FAAS.

1.5 Plošná magnetometrie

Geofyzikální prospekce předindustriálních metalurgických areálů se na Českomoravské vrchovině dosud prosazovala jen výjimečně, např. při měření zahliněných středověkých šachet na jihlavských Starých Horách anebo při měření středověké úpravny u Černova a Chrástova na Pelhřimovsku (Hrubý 2011, 42, 68, 70, 71, 74, 75; Hrubý a kol. 2012, 359, 364). Přelom znamenaly až systematické průzkumy v letech 2013–2016 (Černov, Chrástov, Čejkov, Vyskytná, Utín). Geofyzikální průzkum zahrnuje škálu metod a postupů, především magnetometrii, geoelektriku (např. georadar), gravimetrii, seismiku, termometrii a radionuklidové měření (Křivánek 2004; Mareš 1990). Při zkoumání montánních lokalit se pochopitelně dají plnohodnotně využít jen některé z těchto postupů. Při vyhledávání podpovrchových důlních prostor, dutých i sekundárně zaplněných cizorodým materiálem, se dobře uplatňuje např. georadar v kombinaci s gravimetrií (Venclová–Křivánek 2008). Při průzkumu rozsáhlých ploch je nejvhodnější nasazení magnetometru, což je i případ lokality u Utína. Hutnické strusky, tepelné postižení pecí a jejich okolí i zbytky deponií rud poblíž úpraven způsobují magnetické anomálie, které dokážeme pomocí magnetometrů měřit a vyhodnotit. Důležitou roli přitom sehrávají rozličné ferrimagnetické minerály, které se dostávají do výplní archeologických objektů. Zde vytvářejí shluky s vyšším magnetismem, než má okolní prostředí (Faßbinder 1994; Le Borgne 1955). V případě metalurgických areálů sehrává zásadní roli složení těžkých rud i obecné geologické podmínky na měřených lokalitách. Dobře detekovatelné jsou vysokoteplotně postižené pozůstatky výrobních a pracovních zařízení, které vykazují vysoké magnetické hodnoty a vytváří v magnetickém poli výrazné anomálie (Le Borgne 1960). Největší výhodou magnetometrického průzkumu je ovšem schopnost detekovat antropogenní aktivity na velkých plochách.

2 Utín – zaniklé středověké hutniště u Sázavy

2.1 Topografická charakteristika

Rozsáhlý zpracovatelský areál s doklady hutnické činnosti se nachází v levotočivém zákrutu na jižním břehu Sázavy 1400 m severovýchodně od obce Utín na Havlíčkobrodsku (č. kat. 775649). Souřadnice středu lokality (WGS 84) jsou N: 49°35'32.67, E: 15°42'26.76, popř. JTSK X: –658097, Y: –1109443 (obr. 2:7). Na Hönigerově mapě z roku 1880 je tato lokalita evidována jako struskoviště č. 8 (8. Schlackenplatz; viz obr. 3). Z jihozápadu je lokalita vymezena



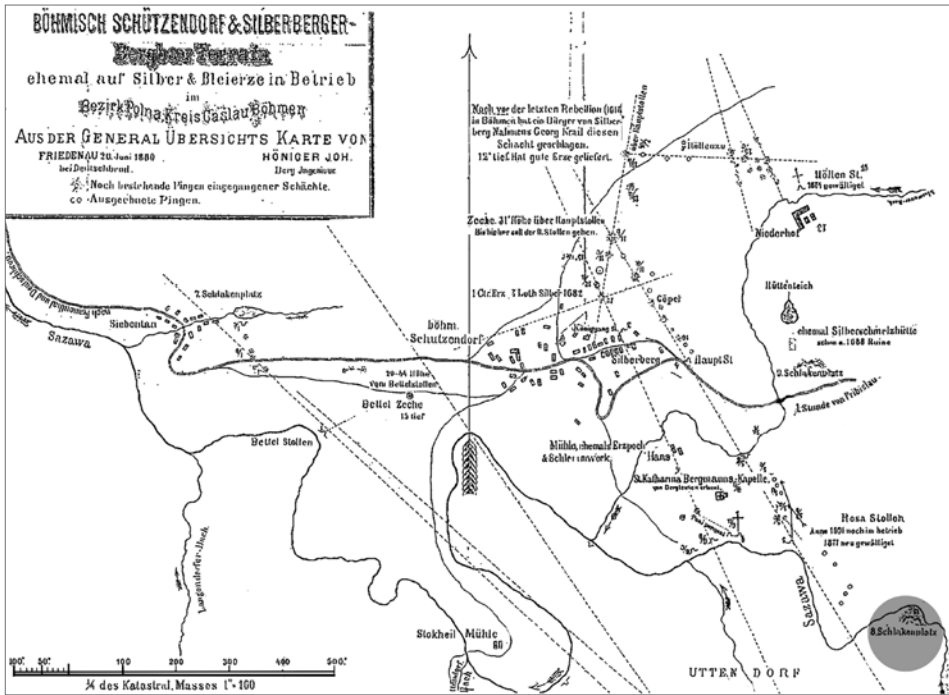
Obr. 2. Okolí Stříbrných Hor a Utína na Havlíčkobrodsku s vrstvou stínovaného terénu (LiDAR). Zdroj Geoportál ČÚZK, Základní mapy a ortofotomapy ČR, <http://geoportal.cuzk.cz/geoprohlizec>, stav prosinec 2015. Upravil P. Hrubý. 1–2 – důlní areály ztotožňované s podniky Buchberg Juvenis a Buchberg Antiquus dle šlapanovské listiny z 28. října 1258 – podle CDB V/1, 267–268 č. 168; 3 – areál hornického sídliště, zkoumaného povrchovými průzkumy a geomagnetikou; 4, 6, 8–9 – zaniklé hutnické lokality – podle Rous–Malý 2004; Rous 2007; Havlíček 2007; 5 – kostel sv. Kateřiny a místo jednoho ze zaniklých hornických sídlišť – podle Rous 1998, 108; 7 – zkoumaný areál – podle Hönigerovy evidence 8. Schlackenplatz.

Abb. 2. Umgebung von Stříbrné Hory und Utín in der Region Havlíčkův Brod mit schattiertem Georelief (LiDAR). Quelle Geoportal des tschechischen Amtes für Landesvermessung und Kataster, Grundkarte und Orthofoto-Karte Tschechiens, <http://geoportal.cuzk.cz/geoprohlizec>, Stand Dezember 2015. Erstellt von P. Hrubý. 1–2 – nach einer Urkunde vom 28. Oktober 1258 als Bergbaubetriebe Buchberg Juvenis und Buchberg Antiquus identifizierte Grubenareale – Quelle CDB V/1, 267–268 Nr. 168; 3 – Areal einer Bergbausiedlung, bei der Oberflächen- und Geomagnetikuntersuchungen vorgenommen wurden; 4, 6, 8–9 – wüste Verhüttungsplätze – nach Rous–Malý 2004; Rous 2007; Havlíček 2007; 5 – Katharinenkirche als Ort einer der wüsten Bergbausiedlungen – nach Rous 1998, 108; 7 – untersuchtes Areal – laut Erfassung von J. Höniger 8. „Schlackenplatz“.

náspem starší zrušené železniční trati, v jejímž jihozápadním sousedství se nalézá těleso současné. Jižní část lokality leží na mírném svahu vystupujícím z říční nivy směrem k jihozápadu, převážná část leží v nivě (obr. 4). Rozmezí nadmořských výšek je okolo 436–442 m. Jde o trvale zatravněnou a sečenou plochu (ppč. 176/1 a 176/10). V parcelních hranicích se dobře projevuje starší meandr Sázavy v ssv. části (ppč. 176/11; obr. 13–16). Ten byl funkčním řečištěm ještě v roce 1974, teprve pak došlo k jeho zavezení (Rous–Malý 2004, 122–126). Další staré meandry můžeme vidět na leteckých snímcích z let 2010–2015 v severní a severozápadní části lokality v podobě porostových příznaků. Těmi je indikováno i struskoviště, projevující se jako přeschlý a nezdravě řídký travní porost (obr. 8–10).

2.2 Průzkum archeologický, průzkum geochemický a jeho výsledky

První povrchové průzkumy byly provedeny v roce 1998 (Malý 1998, 48). Systematická prospekce se zjišťovacími vrupy a menšími sondážemi pokračovala v roce 2001. Tuto kampaň doplnila sondáž o rozměrech asi $1,6 \times 1$ m v místě největší kumulace hutnické strusky (obr. 5 a 7). Byla zjištěna banální stratigrafická situace odpovídající pracovnímu areálu bez přesvědčivých stop sídelních aktivit. Nečetné nálezy středověké keramiky neumožnily přesnější archeologické datování aktivit na lokalitě, pouze jediný zlomek lze řadit do 13.–14. století. V odpadním úpravnicovo-hutnickém souvrství byly odebrány vzorky rudniny, strusky, olovených slitků i klejtu (PbO),



Obr. 3. Hönigerova mapa Böhmisches Schützendorf und Silberberger Bergbau Terrain z roku 1880. Upravena stranová orientace mapy. Zájmová lokalita (8. Schlackenplatz) zvýrazněna šedě. Zdroj podkladové mapy Digitální mapový archiv ČGS, sign. M 2 B 127.

Abb. 3. Johann Höniger's Karte von Böhmisches Schützendorf und Silberberger Bergbau Terrain aus dem Jahr 1880. Seitenorientierung der Karte angepasst. Untersuchte Fundstelle (8. „Schlackenplatz“) grau gekennzeichnet. Quelle Digitales Kartenarchiv Tschechischer geologischer Dienst, Sign. M 2 B 127.



Obr. 4. Celkový pohled na lokalitu od západu s vyznačením anomálií zjišťovaných chemických prvků. Foto P. Hrubý, 2016.
Abb. 4. Gesamtansicht der Fundstelle von Westen mit eingezeichneten Anomalien der ermittelten chemischen Elemente. Foto P. Hrubý, 2016.

kteřé byly následně laboratorně analyzovány (Rous–Malý 2004, 124–126, obr. 3 a 4, 136–141, 137–139, tab. 6). V roce 2016 byly v jižní části lokality, kde terén vystupuje s mírným sklonem z nivy, položeny dvě doplňující mikrosondy, jejichž zjištěním je nevýrazná kulturní, popř. provozní vrstva s uhlíky, v obou případech bez archeologických nálezů (obr. 6).

Pro systematický odběr půdních vzorků na metalometrii byla zvolena plocha 100×50 m v místech s největší koncentrací hutnické strusky. Plošná půdní metalometrie této plochy se od popsanych případů (kap. 1.4) liší tím, že byla vzorkována archeologicky nekopaná zatravněná plocha. Metoda tak sehrává roli částečně destruktivní primární prospekce blíže neznámých podpovrchových struktur. Naproti tomu stejný postup na plošných archeologických výzkumech přináší sice jedinečné, avšak v principu jen doplňující informace o konkrétních archeologických strukturách již známých. Půdní vzorky byly odebrány v ortogonální síti na třech profilech délky 100 m a orientace sever–jih. Vzájemná vzdálenost profilů 25 m předurčovala rastr vzorkování 5×25 m (obr. 8–10). Vzorky hmotnosti ca 0,5 kg byly odebrány z vrchní části B půdního horizontu, tj. z hloubky obvykle kolem 20 cm. Pouze v místech, kde byla půda silně skeletovitá, byla někdy hloubka odběru i méně než 10 cm. V laboratoři byly vzorky sušeny do konstantní hmotnosti, sítovány na umělohmotném síti s oky 2 mm a ze získaného vzorku jemnozeme byl po homogenizaci a kvartaci odebrán materiál o hmotnosti od 2 do 4 g k analýze. Takto zpracovaný vzorek byl vařen v 10% roztoku HNO_3 . Výluh byl po filtraci



Obr. 5. Archeolog Pavel Rous z havlíckobrodského muzea při dokumentaci sondy ve struskovišti. Foto K. Malý, 2001.
Abb. 5. Archäologe Pavel Rous vom Museum in Havlíčkův Brod beim Dokumentieren eines Schnittes im Schlackenplatz. Foto K. Malý, 2001.

analyzován metodou AAS v Ústavu geologických věd PřF MU v Brně (analytik P. Kadlec). Ve vzorcích byl zjišťován i obsah Sb, ovšem ten byl ve všech případech pod mezí detekce použité metody. Plošná distribuce prvků byla vyhodnocena pomocí programu Surfer 8.



Obr. 6. Mikrosonda na jižním okraji struskovišť, vystupující z nivy. Foto P. Hrubý, 2016.

Abb. 6. Kleinerer Sondierschnitt am Südrand des sich von der Aue erhebenden Schlackenplatzes. Foto P. Hrubý, 2016.



Obr. 7. Hutnická struska vystupující v ploše struskovišť na povrch. Foto P. Hrubý, 2016.

Abb. 7. In der Fläche des Schlackenplatzes liegende Hütten-schlacke. Foto P. Hrubý, 2016.

Obsahy zjišťovaných chemických prvků v půdách shrnuje tab. 1 a jejich plošnou distribuci vyjadřují obr. 11–12. U všech prvků lze maximální zjištěné hodnoty (750 ppm Cu, 9141 ppm Pb, 5099 ppm Zn, 108 ppm Ag, 3877 ppm As, 18 ppm Cd) považovat za silně zvýšené. V případě Pb lze nejvyšší zjištěné hodnoty dokonce označit jako extrémní. Mezi obsahy některých prvků byly zjištěny statisticky významné korelace: koeficient korelace Cu-Pb je 0,812; Pb-Ag 0,737; Zn-Ag 0,933; Zn-As 0,980; Zn-Cd 0,967; Ag-As 0,940; Ag-Cd 0,869; As-Cd 0,967. Tato fakta plně odpovídají vstupnímu předpokladu, že na lokalitě byly v minulosti úpravnický a metalurgický zpracovávány polymetalické rudy.

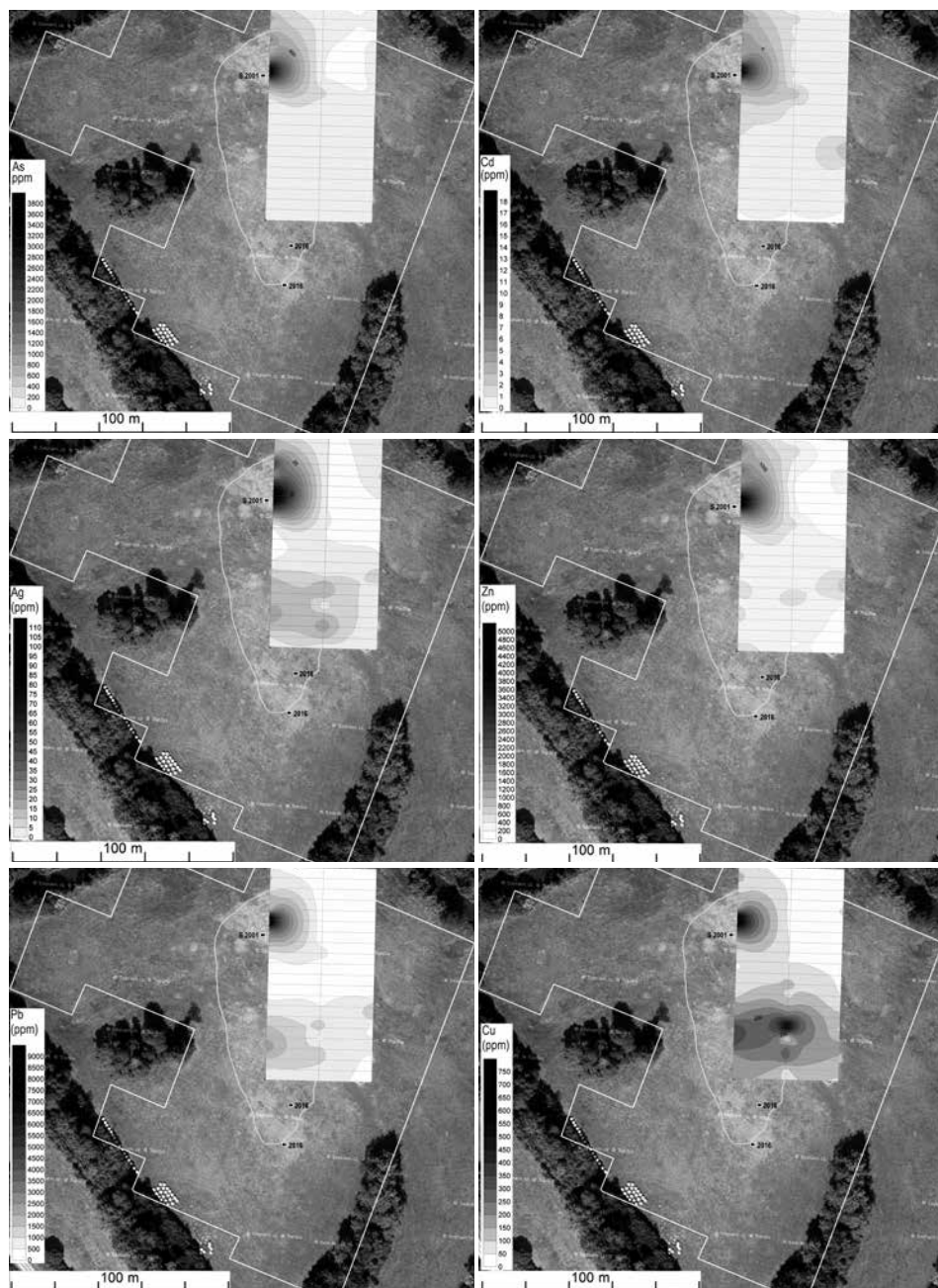
Č. vzorku	Cu	Pb	Zn	Ag	As	Cd
1/1	61	318	648	0	104	1
1/2	134	1156	1558	15	775	5
1/3	64	622	843	13	285	3
1/4	143	2049	1825	51	1217	5
1/5	134	1184	1197	18	497	4
1/6	750	9141	2434	62	1435	5
1/7	358	3449	5099	108	3877	18
1/8	147	2042	1845	55	1294	5
1/9	91	949	890	13	406	3
1/10	50	213	359	0	48	2
1/11	51	141	268	0	12	1
1/12	92	277	474	0	30	1
1/13	61	231	352	0	4	1
1/14	168	811	245	6	45	0
1/15	171	949	611	13	75	0
1/16	330	1556	383	14	104	0
1/17	318	1849	411	14	136	0
1/18	302	2442	468	18	183	1
1/19	156	1348	256	14	105	0
1/20	182	967	328	5	113	0
1/21	161	327	629	2	69	0
2/1	25	100	129	0	21	0
2/2	38	323	538	0	120	1
2/3	43	219	353	0	128	0
2/4	43	216	289	0	91	1
2/5	36	216	185	0	51	0
2/6	37	202	162	0	25	0
2/7	44	207	237	0	16	1
2/8	47	250	246	0	49	0
2/9	50	845	493	1	317	3
2/10	47	164	280	0	57	1
2/11	82	280	345	0	71	0
2/12	117	416	354	2	68	1
2/13	83	390	316	1	145	0

Č. vzorku	Cu	Pb	Zn	Ag	As	Cd
2/14	143	484	214	0	11	0
2/15	242	922	373	14	69	0
2/16	598	1189	537	14	82	0
2/17	44	270	311	0	102	1
2/18	260	1170	281	13	87	0
2/19	265	1092	338	19	60	0
2/20	76	857	157	11	29	0
2/21	98	811	257	0	13	0
3/1	45	84	167	3	7	0
3/2	28	71	145	4	13	0
3/3	41	89	167	3	0	0
3/4	41	110	202	4	0	0
3/5	55	300	403	6	28	0
3/6	41	183	180	2	21	0
3/7	36	130	194	0	24	0
3/8	27	114	120	0	0	0
3/9	35	129	170	0	9	0
3/10	39	117	176	0	0	0
3/11	45	117	240	0	0	0
3/12	44	114	243	0	0	0
3/13	49	141	260	0	0	1
3/14	61	1501	645	9	212	3
3/15	140	1079	687	3	133	2
3/16	84	233	351	0	18	0
3/17	123	565	52	3	192	1
3/18	202	784	169	2	3	0
3/19	112	166	130	0	0	0
3/20	129	447	149	0	0	0
3/21	83	211	149	0	9	0

Průměr	124	783	516	9	208	1
Median	82	323	311	2	57	0
Maximum	750	9141	5099	108	3877	18
Minimum	25	71	52	0	0	0

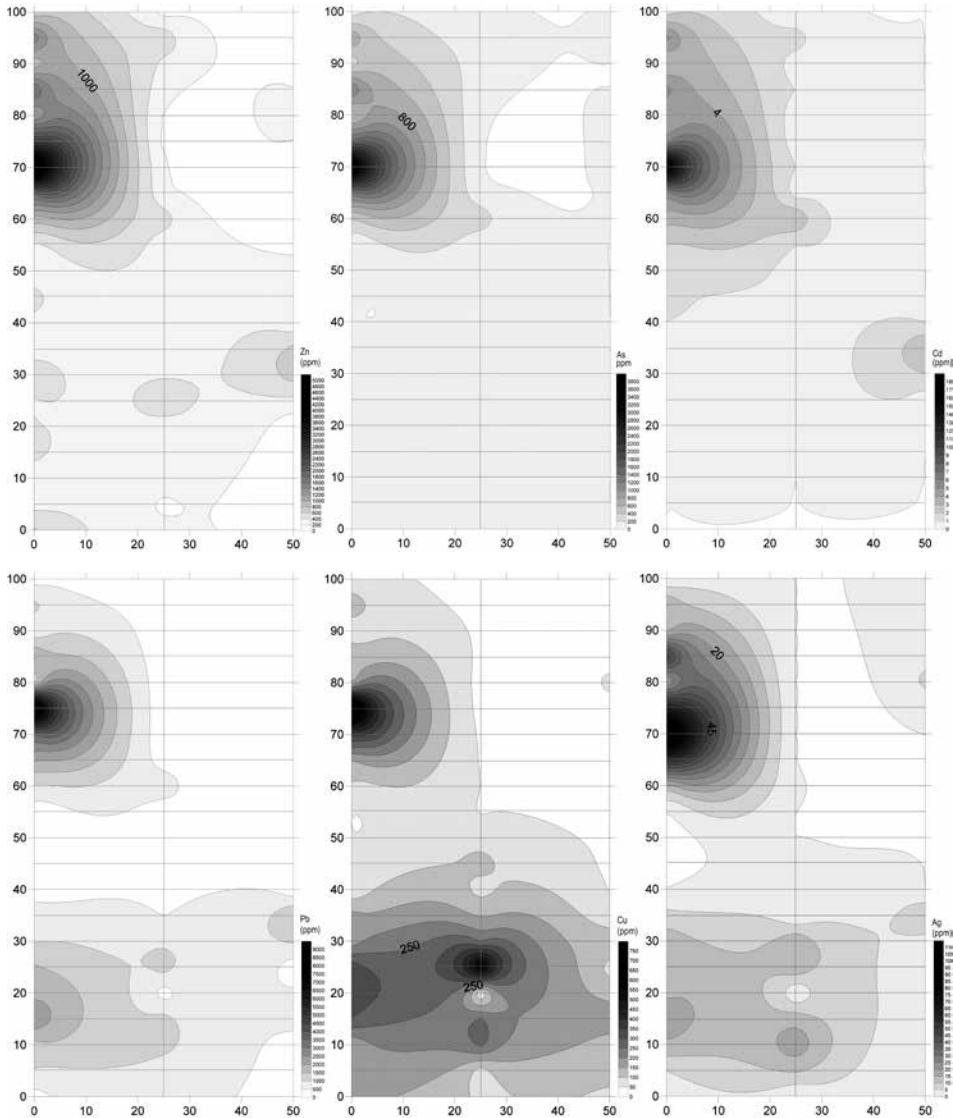
Tab. 1. Obsahy vybraných prvků v půdě (ppm).

Tab. 1. Gehalt ausgewählter Elemente in den Böden (ppm).



Obr. 8–10. Metalogramy zobrazující prostorovou distribuci zjišťovaných chemických prvků, které jsou v kontextu hutnictví polymetalických rud interpretačně významné. Jako podklad je použit letecký kolmý snímek, na němž jsou patrné porostové příznaky, které můžeme ztotožnit s některými zjištěnými geomagnetickými anomáliemi. Světlý a vyschlý travní porost indikuje struskoviště. Zdroj podkladové mapy Letecké mapy TopGis, <http://mapy.cz/letecka>, stav leden 2016.

Abb. 8–10. Metalogramme, welche die räumliche Verteilung der ermittelten chemischen Elemente darstellen, die im Kontext der Verhüttung von polymetalischen Erzen für die Interpretation von Bedeutung sind. Als Grundlage dient eine senkrechte Luftaufnahme, auf der Bewuchsmerkmale sichtbar sind, die man mit einigen festgestellten geomagnetischen Anomalien identifizieren kann. Der Schlackenplatz wird durch hellen und getrockneten Grasbewuchs angezeigt. Kartenunterlage nach Luftbildkarten TopGis, <http://mapy.cz/letecka>, Stand Januar 2016.



Obr. 11–12. Metalogramy zobrazující prostorovou distribuci zjišťovaných chemických prvků, které jsou v kontextu hutnictví polymetalických rud interpretačně významné.

Abb. 11–12. Metalogramme, welche die räumliche Verteilung der ermittelten chemischen Elemente darstellen, die im Kontext der Verhüttung von polymetallischen Erzen für die Interpretation von Bedeutung sind.

2.3 Plošná magnetometrie zaniklého středověkého hutniště a její výsledky

Geomagnetickému průzkumu byla podrobena mnohem větší plocha než průzkumu geochemickému, přičemž vzorkované území bylo do geomagnetické plochy zahrnuto téměř celé. Geofyzika zároveň postihuje celé struskoviště včetně okolních ploch (obr. 13–16). Struskoviště se projevuje jako jasně vymezený areál nepravidelně lichoběžníkového tvaru rozměrů 60×100 m ($5\,500$ m²). Ohraničení anomálie je jasné a nikde nevidíme plynulé vyznívání do okolí. Polygon je tvořen hustou a na pohled nehomogenní koncentrací drobných anomálií s vysokými magnetickými hodnotami (-10 až 10 nT). Severní část struskoviště vykazuje hodnoty ještě vyšší. Zde byly

na ploše o rozloze ca 1 600 m² naměřeny lokální anomálie až do 80 nT. To by s opatrností mohlo indikovat přítomnost pozůstatků hutnických pecí, avšak jednotlivé objekty není možné samostatně rozlišit, poněvadž jsou obklopeny metalurgickým odpadem s podobnými magnetickými charakteristikami.

Také v případě dvou výrazných lokálních anomálií v jižní části struskoviště můžeme vzhledem k hodnotám okolo 40 a 100 nT uvažovat o reliktech pecí. Dvě další anomálie těchto vlastností se nacházejí při severozápadním okraji polygonu. Zajímavé jsou čtyři malé přibližně kruhové anomálie v jižní části struskoviště s negativními magnetickými hodnotami, obklopené anomálním pásem s hodnotami vysoce pozitivními. Jejich interpretace je problematická, nicméně může jít rovněž o pozůstatky pyrometalurgických zařízení. Celkový počet pravděpodobných pozůstatků pecí nebo jiných výrobních zařízení bude nejspíš mnohem vyšší, avšak vzhledem k množství a plošné distribuci vysoce magnetické rudniny i strusek není jednoznačné stanovení těchto objektů možné.

Na svahu nad struskovištěm se v ploše okolo 0,5 ha nachází shluk třinácti magneticky pozitivních anomálií různého tvaru a velikosti, které by mohly indikovat přítomnost sídlíštních objektů (obr. 17:4). To je prvek, který lze v blízkosti metalurgických pracovišť očekávat, pro interpretační jistotu je však nezbytné ověření archeologickým výkopem.

K důležitým zjištěním patří identifikace lineárních anomálií. Ne všechny musí nutně souviset se středověkou úpravnickou a metalurgickou činností. S velkou pravděpodobností tomu však je v případě 110 m dlouhého lineamentu č. 5 směřujícího ze středu lokality k západu, kde pravděpodobně pokračuje dál. V úseku ve struskovišti je tato struktura vyplněna magnetickým



Obr. 13. Magnetogram zobrazující naměřené podpovrchové anomálie v šedé škále. Zdroj podkladové mapy Geoportál ČÚZK, Katastrální mapy, <http://geoportál.cuzk.cz/geoprohlizec/?wmcid=496>, stav prosinec 2015.

Abb. 13. Magnetogramm, das die unmittelbar unter der Oberfläche gemessenen Anomalien in Graustufen darstellt. Kartenunterlage nach Geoportál des Tschechischen Amtes für Landesvermessung und Kataster, Katasterkarten, <http://geoportál.cuzk.cz/geoprohlizec/?wmcid=496>, Stand Dezember 2015.





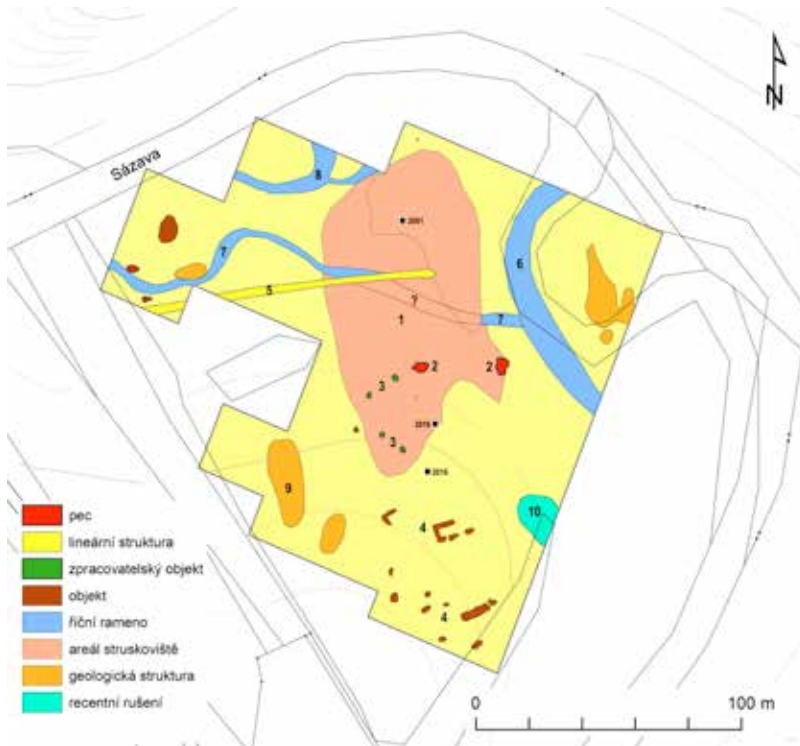
Obr. 14–16. Kombinace datových vrstev s geomagnetickými anomáliemi a geochemickými anomáliemi vybraných chemických prvků (Pb, Ag, Cu). Zdroj podkladové mapy Geoportál ČÚZK, Katastrální mapy, <http://geoportal.cuzk.cz/geoprohlizec/?wmcid=496>, stav prosinec 2015.

Abb. 14–16. Kombination von Datenschichten mit geomagnetischen Anomalien und geochemischen Anomalien ausgewählter chemischer Elemente (Pb, Ag, Cu). Kartenunterlage nach Geoportal des Tschechischen Amtes für Landesvermessung und Kataster, Katasterkarten, <http://geoportal.cuzk.cz/geoprohlizec/?wmcid=496>, Stand Dezember 2015.

materiálem, tj. zpracovatelským odpadem a struskou, směrem k západu (k nynějšímu řečišti) magnetického materiálu ve výplni ubývá (obr. 17:5).

Nepřímé lineární struktury můžeme považovat za starší meandrující řečiště, popř. ramena Sázavy, třebaže se zde nabízí jejich dobové využívání jako uměle upravených a udržovaných náhonů (srov. kap. 3.2). Meandr v severovýchodní části měřené plochy indikují mírně magnetické anomálie, způsobené nánosy či zásypy. Toto řečiště je jako parcelní jednotka zaneseno na katastrálních mapách a zaniklo až zavezením v roce 1974 (srov. kap. 2.1; obr. 17:6). Další tři detekované struktury tohoto typu jsou vyplněné magnetickým materiálem ze struskoviště, přičemž výplně v blízkosti struskoviště jsou mnohem homogennější než ve vzdálenějších úsecích. Kratší lineament na východním okraji struskoviště byl nejspíš napojen na starší řečiště Sázavy. Zdá se, jako by na tuto strukturu směrově navazoval zákrutovitý lineament směřující podobně jako lineament č. 5 od struskoviště k západu, tj. po proudu Sázavy (obr. 17:7). Struktura na sz. okraji měřené plochy s vazbou na současné řečiště je s jistotou starším meandrem Sázavy a je patrná i v porostových příznamech (obr. 17:8).

Z ostatních struktur zbývá zmínit několik anomálií přírodního původu, které indikují geologický podklad (snad pevnou horninu blízko pod povrchem) a říční sedimenty. Anomálie na jihovýchodním okraji zkoumané plochy pak souvisí s recentním rušením (obr. 17:9 a 10). Z geomagnetického hlediska lze zájmovou lokalitu vyhodnotit jako dobře zachovanou a téměř nedotčenou mladšími zásahy. Nabízí velmi dobré podmínky pro budoucí geofyzikální průzkum, rozšířený např. o georadarové a geoelektrické odporové měření.



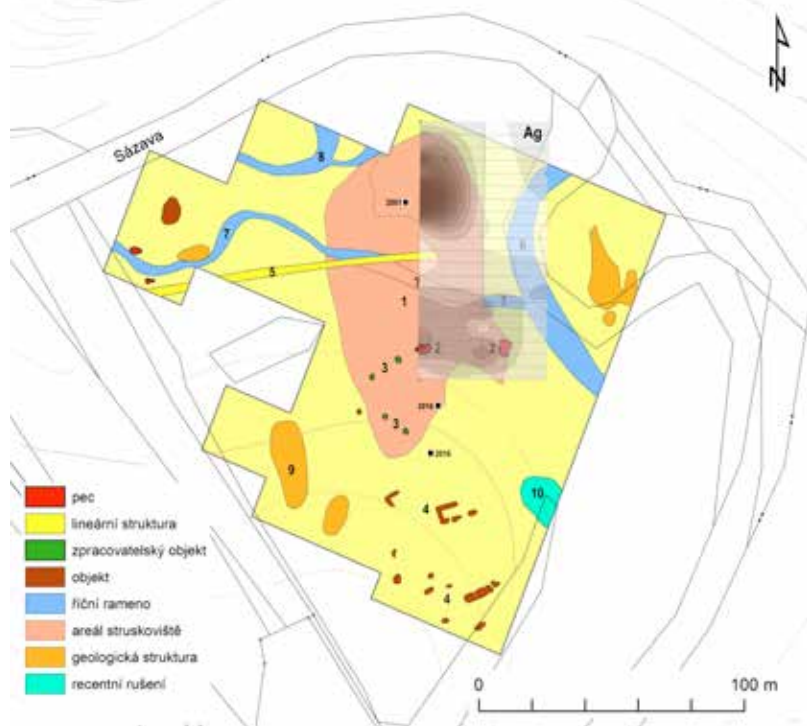
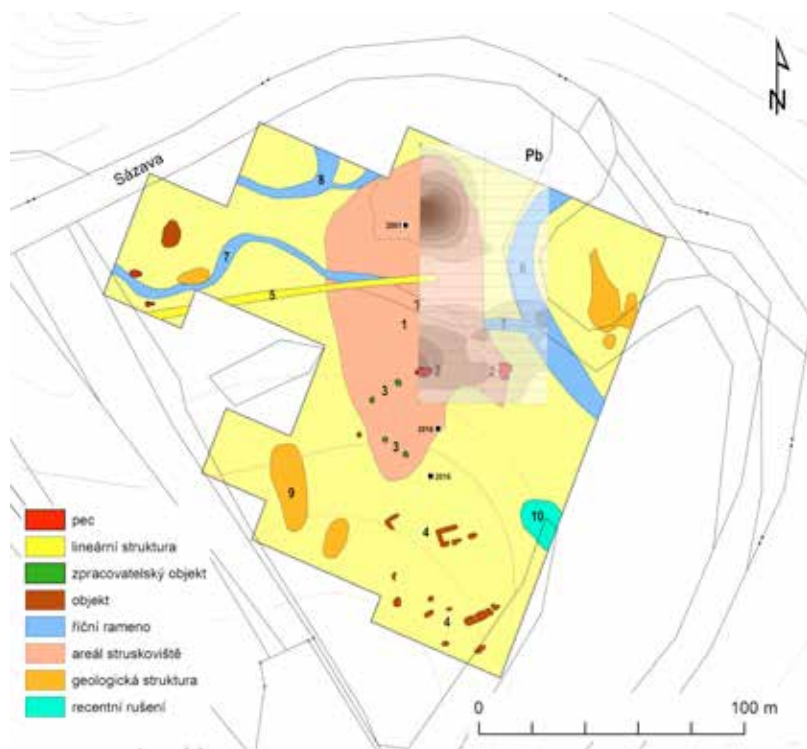
17. Interpretační geomagnetické schéma. Zdroj podkladové mapy Geoportál ČÚZK, Katastrální mapy, <http://geoportal.cuzk.cz/geoprohlizec/?wmcid=496>, stav prosinec 2015.

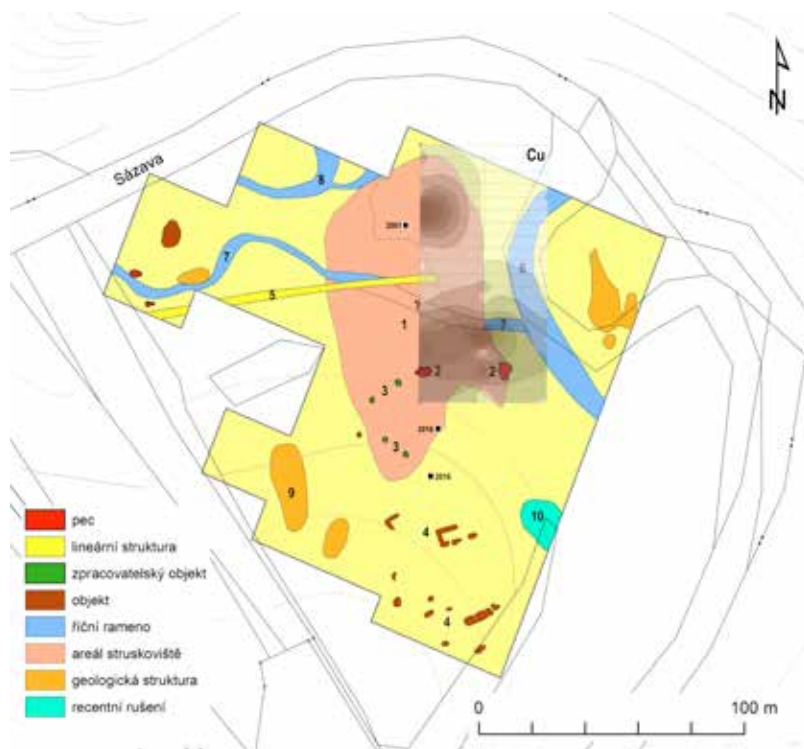
Abb. 17. Geomagnetisches Interpretationsschema. Kartenunterlage nach Geoportal des Tschechischen Amtes für Landesvermessung und Kataster, Katasterkarten, <http://geoportal.cuzk.cz/geoprohlizec/?wmcid=496>, Stand Dezember 2015.

3 Diskuse a vyhodnocení

Společným rysem geochemického i geomagnetického průzkumu je prostorová informace o historické úpravě a hutnictví polymetalických rud na lokalitě (obr. 14–16, 18–20). V další výpovědi se však již význam každé z metod liší. U geomagnetiky je nadále vůdčí přínos prostorový, přičemž výhodou je snadné nasazení na velké ploše. Význam půdní metalometrie naproti tomu spočívá v kvantitativní i kvalitativní detekci chemických prvků, jejichž prostorová distribuce nám za určitých podmínek může pomoci při interpretaci historických metalurgických technologií, a tím i k predikci očekávatelných reliktnů patřících pyrometalurgických zařízení. Z tohoto pohledu lze říci, že jako primární prospekční metoda by měla být nejprve nasazena geomagnetika a teprve v závislosti na jejich výsledcích i půdní metalometrie, která má spíše potenciál k interpretačnímu zpřesnění zjištěných struktur.

Na základě výsledků geomagnetického měření, půdní geochemie i terénních sondáží se můžeme pokusit o více či méně pravděpodobný model struktury zpracovatelského areálu u Sázkavy. Je třeba dodat, že do tvorby tohoto modelu se pochopitelně promítají poznatky o prostorové pracovní/výrobní infrastruktuře a archeometalurgii, které jsme získali dosavadními plošnými archeologickými výzkumy tohoto druhu areálů především na Jihlavsku a Pelhřimovsku (viz literatura). I v tomto případě vidíme praktickou a funkční infrastrukturu složenou z více na sebe navazujících pracovišť. Zdá se také, že jejich součástí byla i vodotechnická opatření. Zkusme do této představy zakomponovat především geomagneticky zjištěné lineární struktury č. 5 a 7, třebaže je jasné, že bez archeologického výzkumu odpovídajícího rozsahu nelze ověřit jejich příslušnost k modelovanému areálu. Struktura č. 7 je s největší pravděpodobností vedlejším říčním





Obr. 18–20. Interpretační geomagnetické schéma s datovou vrstvou geochemických anomálií vybraných chemických prvků (Pb, Ag, Cu). Zdroj podkladové mapy Geoportál ČÚZK, Katastrální mapy, <http://geoportal.cuzk.cz/geoprohlizec/?wmcid=496>, stav prosinec 2015.

Abb. 18–20. Geomagnetisches Interpretationsschema mit Datenschicht der geochemischen Anomalien ausgewählter chemischer Elemente (Pb, Ag, Cu). Kartenunterlage nach Geoportal des Tschechischen Amtes für Landesvermessung und Kataster, Katasterkarten, <http://geoportal.cuzk.cz/geoprohlizec/?wmcid=496>, Stand Dezember 2015.

ramenem, které mohlo být ve středověku aktivní, popř. se mohlo zanášet a stagnovalo, avšak stále bylo patrné. Pro zřízení provozů poháněných vodním kolem, např. rudních mlýnů, stoup či pecí, jde o velmi vhodné místo. Úprava rud a především velkoobjemové hutnictví je ostatně na této ploše více než přesvědčivě doloženo struskovištěm (č. 1) a v jeho rámci i lokálními až bodovými geomagnetickými anomáliemi, které mohou indikovat přítomnost pyrometalurgických zařízení různých funkcí (č. 2 a 3). Lineární struktura č. 7 (řiční rameno) mohla být v době existence těchto pracovišť využívána jako náhon, do kterého byla z hlavního řečiště Sázavy přesměrována voda a který byl podle potřeb upraven a podle možností udržován. Velký objem strusek i úpravnického odpadu byl však po čase příčinou jeho zanášení, což si vyžádalo zřízení náhonu nového, kterým byl ten starší nahrazen. To je jev, který byl na zpracovatelských lokalitách 13. století opakovaně zjištěn plošným archeologickým výzkumem např. u Jihlavy a Černova (Hrubý 2011, 119, 121–122; Hrubý a kol. 2012, 351 obr. 14, 358, 372, 405). V tomto smyslu se jako indikátor mladší fáze tohoto vodotechnického prvku nabízí lineární geomagnetická struktura č. 5, která má podobnou dispozici i směr, jen je přímá, což je v každém ohledu znak jejího umělého původu.

Nejvyšší a interpretačně významné půdní obsahy chemických prvků pozorujeme v severní části struskoviště, přičemž takto chápaná geochemická anomálie je vůči okolí ostře vymezená a zároveň je v souladu se severní částí anomálie geomagnetické (obr. 14–16, 18–20). Má také významnější obsahy Zn, Cd a As, tj. prvků, které jsou vázány na první fázi zpracování komplexní sulfidické rudniny (srov. Rous–Malý 2004, 136, tab. 1). Tato anomálie tak může být odrazem počáteční úpravy rud mletím, stoupaním a gravitační separací, jejímž výstupem byl jak men-

šinový galenitový koncentrát, tak většinový komplexní sulfidický koncentrát chudý na olovo a samozřejmě množství odpadu. Může být i odrazem pražení rud a podle masivní přítomnosti hutnické strusky v tomto prostoru i velkoobjemové tavby právě onoho komplexního sulfidického koncentrátu (srov. Rous–Malý 2004, 139, tab. 6).

Méně výrazná geochemická anomálie se nalézá jižně od geomagnetických struktur č. 5 a 7. V tomto prostoru nalézáme bodové geomagnetické struktury č. 2 a 3, považované za pozůstatky pecí. Ze sledovaných chemických prvků zde na rozdíl od severnější anomálie chybí výraznější přítomny Cu, Pb a Ag. Prostorové rozložení těchto prvků dobře koreluje s geomagnetickými strukturami č. 2 a 3 (obr. 18–20). Nabízí se interpretace této zóny jako hutnického pracoviště, kde byly taveny olovem (a stříbrem) bohatší koncentráty. Tyto tavby byly v porovnání se severnějším pracovištěm spíše maloobjemové.

Nedostatkem předkládané konstrukce je datování areálu. Přímé archeologické doklady v podobě nepočetného souboru středověké keramiky jsou jednoznačně chabé. Nepřímou oporou jeho datování do 13.–14. století je širší historický kontext rudného hornictví na Havlíčkobrodsku. V žádném jiném období nedosáhla hornická a hutnická činnost na centrální Českomoravské vrchovině takových měřítek jako ve 13. století, tj. v „předkutnohorské“ éře. Zkoumaná lokalita je úzce prostorově provázána s důlním střediskem v lokalitě Poperek (obr. 2:1–3). Ten byl již dříve ztotožněn s důlním podnikem Buchberg, zmiňovaným poprvé v listině z 25. října 1258 (CDB V/1, 267–268 č. 168). Na rozsáhlé dislokační zóně směru SSZ–JJV se na dvou hlavních rudonosných strukturách rozvinula nejpozději od 50. let 13. století důlní činnost mimořádného rozsahu. Důlní pásma dosahují na hlavním tahu ve směrné délce až 1000 m, na sousedním severovýchodním tahu pak 420 m. Podle Pokorného dokumentace však lze původní rozsah důlních prací odhadnout ve směrné délce až na 2000 m (Pokorný 1963). O rozvinuté sídelní infrastruktuře tohoto střediska v druhé polovině 13. století vypovídá i zmínka o kapli v listině z 13. června 1265 (de capella in Buchberch; RBM II, 187–188 č. 488). Jako sídliště se objevuje naposledy v roce 1327 (Rous 1998, 102–108; 2001, 72, 79, 96; 2004, 50). Nejblíže relikty důlní činnosti se od naší zájmové lokality nacházejí 450 m západně, jádro důlního střediska Buchberg je pak od zkoumaného zpracovatelského areálu v nivě Sázavy vzdáleno ca 850 m na jihozápad. Pravděpodobnost, že zkoumaný zpracovatelský areál patří, podobně jako jiné a někdy i spolehlivěji datované zpracovatelské lokality, do 13. století s možným trváním ve století následujícím, je z tohoto pohledu vysoká.

Tato studie je výstupem projektu "Historické využívání krajiny Českomoravské vrchoviny v pravěku a středověku" Programu aplikovaného výzkumu a vývoje národní kulturní identity NAKI DF13P010VV005.

Prameny a literatura

- BARTELS a kol., 2007: Bartels, Chr.–Fessner, M.–Klappauf, L.–Linke, F. A., Montanregion Harz. Kupfer, Blei und Silber aus dem Goslarer Rammelsberg von den Anfängen bis 1620. Die Entwicklung des Hüttenwesens von den frühmittelalterlichen Schmelzstätten im Wald bis zur Metallerzeugung in großem Maßstab am Beginn des 17. Jahrhunderts nach den archäologischen und schriftlichen Quellen. Bochum.
- CDB V/1: Codex diplomaticus et epistolarius regni Bohemiae, Tomus V/1. 1253–1266 (Šebánek, J.–Dušková, S., edd.). Pragae 1974.
- CIGÁNEK, Š.–KECLÍK, I., 1976: Středověké dolování stříbra v okolí Havlíčkova Brodu se zaměřením na oblast Stříbrné Hory, Utín a Příbyslav. Práce a studie Krajského střediska státní památkové péče a ochrany přírody Východočeského kraje – přír. 8, 23–48.
- DER SCHATZFUND, 2004: Der Schatzfund von Fuchsenhof – The Fuchsenhof Hoard – Poklad Fuchsenhof. Studien zur Kulturgeschichte von Oberösterreich. Folge 15 (Prokisch, B.–Kühlreiber, T., edd.), 325–347. Linz.
- DOLEŽEL, J.–KEJZLAR, M., 2014: Nové poznatky o důlním komplexu Havírna u Štěpánova nad Svratkou – výsledky povrchového průzkumu v letech 2002–2012. 45. mezinárodní konference archeologie

- středověku na téma Zdroje a zpracování surovin v archeologii středověku, Kutná Hora 16. až 19. září. Konferenční příspěvek.
- FABBINDER, J. W. E., 1994: Die magnetischen Eigenschaften und die Genese ferrimagnetischer Minerale in Böden im Hinblick auf die magnetische Prospektion archäologischer Bodendenkmäler. Buch am Erlbach 1994.
- HAVLÍČEK, J., 2007: Hutniště pod zaniklým hornickým sídlištěm Herliwinberg (Mons Herliwini) – Verhüttungsanlage bei der wüsten Bergbausiedlung Herliwinberg (Mons Herliwini). In: Stříbrná Jihlava 2007. Studie k dějinám hornictví a důlních prací, 222–227. Jihlava – Brno.
- HOLUB, M.–MALÝ, K., 2012: Separátní hutnění galenitových, stříbrem bohatých rud těžených na Vysočině – Separate smelting of galena ores rich in silver from Bohemian – Moravian Highlands, Acta rerum naturalium 12 – Stříbrná Jihlava 2010, 1–14.
- HRUBÝ, P., 2011: Jihlava – Staré Hory. Archeologický výzkum středověkého důlního, úpravnického a obytného areálu v letech 2002–2006. Příspěvek ke studiu středověkého rudného hornictví – Jihlava – Staré Hory (Iglau – Altenberg) – Archäologische Ausgrabungen des mittelalterlichen Bergbau-, Aufbereitungs- und Siedlungsplatzes in den Jahren 2002–2006. Zum Studium des mittelalterlichen Erzbergbaus. Dissertationes archaeologicae brunenses pragensesque 9. Praha – Brno.
- 2014a: K periodizaci počátku rané exploatace drahých kovů na Českomoravské vrchovině – Zur Periodisierung des Beginns der frühen Ausbeute von Edelmetallen in der Böhmisches – Mährischen Höhe. In: ArchaeoMontan 2013. Krušná krajina – Erz(gebirg)landschaft – Ore landscape. Arbeits und Forschungsberichte zur sächsischen Bodendenkmalpflege. Beiheft 28 (Smolnik, R., ed.), 147–155. Dresden.
- 2014b: Od hertovního stříbra až téměř k minci neboli od hutí až téměř k mincovnám – Von Blicksilber bis quasi Münzen oder von Hütten bis quasi Münzprägestätten, AH 39, 609–637.
- HRUBÝ a kol., 2012: Hrubý, P.–Hejhal, P.–Hoch, A. Kočár, P. Malý, K.–Macháňová, L.–Petr, L.–Štelcl, J., Středověký úpravnický a hornický areál Cvilínek u Černova na Pelhřimovsku – Das mittelalterliche Aufbereitungs- und Bergbauareal Cvilínek bei Černov in der Region Pelhřimov, PA CIII, 339–418.
- HRUBÝ a kol., 2014: Hrubý, P.–Hejhal, P.–Kočár, P.–Libor, P.–Malý, K., Centrální Českomoravská vrchovina na prahu vrcholného středověku. Archeologie, geochemie a rozborů sedimentárních výplní niv – Central Bohemian-Moravian Highlands on the threshold of the High Middle Ages. Archaeology, geochemistry and the analyses of alluvial sediments. Spisy Filozofické fakulty Masarykovy univerzity 422. Brno.
- JANÁČEK, J., 1972: Stříbro a ekonomika českých zemí ve 13. století, ČČH 20, 875–906.
- JANIČKOVÁ a kol., 2012: Janíčková, K.–Dolníček, Z.–Malý, K., Fázové složení strusek po tavbě stříbrných rud na Havlíčkobrodsku – Phase composition of slags produced by silver metallurgy in the Havlíčkův Brod Ore District, Geologické výzkumy na Moravě a ve Slezsku 19, 186–189.
- KAPUSTA a kol., 2012: Kapusta, J.–Dolníček, Z.–Malý, K., Fázové složení středověkých strusek po tavbě Pb-Ag rud z hutnického areálu Plandry u Jihlavy – Phase composition of Medieval slags after smelting of Pb-Ag ores from the metallurgical complex Plandry near Jihlava, Geologické výzkumy na Moravě a ve Slezsku 19, 57–61.
- KAPUSTA a kol., 2013: Kapusta, J.–Dolníček, Z.–Malý, K., Středověké baryem bohaté strusky po tavbě polymetalických rud na vybraných lokalitách v Jihlavě – Medieval barium-rich slags after melting of polymetallic ores from selected sites in Jihlava, Geologické výzkumy na Moravě a ve Slezsku 20, 188–192.
- KAPUSTA a kol., 2014: Kapusta, J.–Janičková, K.–Dolníček, Z.–Malý, K., Sulfidické fáze ve středověkých struskách po tavbě Ag rud v jihlavském a havlíčkobrodském rudním revíru – Sulphidic phases in medieval slags after smelting of Ag ores in the Jihlava and the Havlíčkův Brod Ore Districts, Geologické výzkumy na Moravě a ve Slezsku 21, 94–98.
- KAPUSTA a kol., 2015: Kapusta, J.–Dolníček, Z.–Malý, K., Strusky po tavbě polymetalických rud z lokality Čejkov-Trsov (pelhřimovský rudní revír) – Slags after smelting of polymetallic ores from the locality Čejkov-Trsov (Pelhřimov Ore District), Geologické výzkumy na Moravě a ve Slezsku 22, 56–60.
- KŘIVÁNEK, R., 2004: Geofyzikální metody. In: Nedestruktivní archeologie (M. Kuna, ed.), 117–183. Praha.
- LE BORGNE, E., 1955: Susceptibilité magnétique anormale du sol superficiel, Annales de Géophysique 11, 399–419.
- 1960: Influence du feu sur les propriétés magnetiques du sol et sur celles du schiste et du granite, Annales de Géophysique 16, 159–196.
- MALÝ, K., 1998: Současný stav lokalit starého dolování v okolí Stříbrných Hor u Havlíčkova Brodu, VSV 11, 45–58.
- MALÝ, K.–ROUS, P., 2001: Ověření výpovědních možností strusek z Jihlavska a Havlíčkobrodsko – Glaubigung der Aussagemöglichkeiten der Schlacken aus Iglauland und aus der Gegend bei Havlíčkův Brod (dt.: Deutsch – Brod), AH 26, 67–87.
- MAREŠ, S. a kol., 1990: Úvod do užití geofyziky. Praha.

- MELCHER, M.–SCHREINER, M., 2004: Materialanalytische Untersuchungen von Silberproben des Schatzes von Fuchsenhof mittels energiedispersiver Elektronenstrahlmikroanalyse im Rasterelektronenmikroskop. In: Der Schatzfund von Fuchsenhof – The Fuchsenhof Hoard – Poklad Fuchsenhof. Studien zur Kulturgeschichte von Oberösterreich, Folge 15 (Prokisch, B.–Kühlreiber, T., edd.), 325–347. Linz.
- MILITKÝ, J.–KRÁSNÝ, F., 2009: Depot stříbrných slitků z Pískové Lhoty (okr. Mladá Boleslav). Příspěvek k úloze slitkového stříbra v peněžním oběhu ve 13. století. Konference Peníze v proměnách času. Olomouc, 5.–7. května 2009. Konferenční příspěvek.
- POKORNÝ, J., 1963: Závěrečná zpráva o vyhledávacím průzkumu Pb-Zn ložisek havlíckobrodského rudního uzlu. Nepublikovaná zpráva, Česká geologická služba – Geofond, Praha, PO 16609.
- RBM II: Regesta diplomatica nec non epistolaria Bohemiae et Moraviae, Pars II Annorum 1253–1310 (Emler, J., ed.). Pragae 1882.
- ROUS, P., 1998: Středověké hornické sídliště neznámého jména u Havlíčkova Brodu na k. ú. Termesivy. In: Stříbrná Jihlava 1998. Sborník příspěvků ze semináře K dějinám hornictví a důlních prací na Vysočině, 102–115. Jihlava – Havlíčkův Brod.
- 2001: K závěrečné fázi vrcholně středověkého hornictví na Havlíckobrodsku. In: Stříbrná Jihlava 2001. Sborník příspěvků ze semináře K dějinám hornictví a důlních prací na Vysočině, 66–81. Jihlava – Pelhřimov – Havlíčkův Brod.
- 2004: Stříbrorudné hornictví na Havlíckobrodsku od 13. do 17. století, *Archaeologia technica* 15, 49–58.
- 2007: Povrchové stopy zpracování stříbrné rudy v poloze V Groubu na katastru obce Utín – Geländespuren der Silbererzaufbereitung V Groubu Gemarkung Utín. In: Stříbrná Jihlava 2007. Studie k dějinám hornictví a důlních prací, 216–221. Jihlava – Brno.
- ROUS, P.–MALÝ, K., 2004: Průzkum terénních stop po zpracování polymetalických rud na Havlíckobrodsku – Untersuchung der Geländespuren von der Verarbeitung polymetallischer Erze in der Umgebung von Havlíčkův (Deutsch-) Brod. In: Těžba a zpracování drahých kovů: sídelní a technologické aspekty. *Mediaevalia archaeologica* 6 (Nováček, K., ed.), 121–144. Praha – Brno – Plzeň.
- ROZMUS, D., 2014: Wczesnośredniowieczne zagłębienie hutnictwa srebra i ołowiu na obszarach obecnego pogranicza Górnego Śląska i Małopolski (druga połowa XI–XII/XIII wiek). Kraków.
- VENČLOVÁ, N.–KŘIVÁNEK, R., 2008: Nedestruktivní archeologie hutnických areálů. In: Archeologické výzkumy v severozápadních Čechách v letech 2003–2007. Sborník k životnímu jubileu Zdeňka Smrže (Černá, E.–Kuljavceva-Hlavová, J., edd.), 375–384. Most.

Zusammenfassung

Archäometallurgie und Geophysik mittelalterlicher, auf die Produktion von Edelmetallen ausgerichteter Areale

1 Was sind auf die Produktion von Edelmetallen ausgerichtete Aufbereitungsareale?

1.1 Wüste Aufbereitungsareale in der Landschaft

Auf der Böhmischo-mährischen Höhe befand sich im 13.–14. Jahrhundert eine Fülle von Gruben, Aufbereitungsbetrieben und Hütten, die auf die Produktion von Silber und Blei ausgerichtet waren. Aufbereitungsbetriebe findet man am häufigsten an Wasserläufen. Eine regelmäßige Erscheinung ist die Verknüpftheit von Aufbereitungsbetrieben und Hütten miteinander. Die typischsten Spuren von Verhüttungsbetrieben sind Schlackenplätze. Man geht davon aus, dass der Grund für ihre Standorte am Wasser darin besteht, dass die Blasebälge mit Wasserrädern betrieben wurden. Diese Erscheinung kann jedoch auch mit der Nähe zu Erzwäschen zusammenhängen, die aus praktischen Gründen mit den Hütten verknüpft waren. Aber auch so befinden sich Hütten in Wassernähe, ungeachtet dessen, ob die Blasebälge tatsächlich mit Wasserrädern betrieben worden waren.

1.2 Die Produktion der Aufbereitungsbetriebe und Hütten

Die Hauptfunktion von Aufbereitungsbetrieben war die Herstellung von Erzkonzentrat. Bei der Hüttenproduktion macht sich in der Forschung das Fehlen von endverhütteten Edelmetallen

bemerkbar. Den größten Anteil des Materials stellt Hüttenabfall – sog. Schlacken – dar (Kap. 1.1). Wenn wir uns auf eines der hier vorausgesetzten Hüttenprodukte konzentrieren, d.h. auf Silber, dann muss der Gruppe aus der materiellen Kultur Beachtung geschenkt werden, die sich aus Silberbarren, Silberkuchen und Hacksilber zusammensetzt. Silber in diesen Formen stammt aus Depofunden, weniger von Fundstellen, die mit dem Handel oder mit Siedlungen zusammenhängen. Neben der chemischen Zusammensetzung muss bei schwankendem Ag-Anteil in den Gussstücken (bisweilen weniger als 70 %) auch deren Homogenität untersucht werden. RFA-Analysen zeigen, dass die Gussstücke inhomogen sind und immer einen Pb-Gehalt aufweisen, der bis zu mehreren Dutzend Prozent ausmacht. (Der Schatzfund 2004, 336, Tab. 8, 341 Tab. 32b, 669; Melcher–Schreiner 2004; Rozmus 2014, 188–189, Tab. 8 und 9). Dabei handelt es sich um qualitativ geringwertiges, ausgeschmolzenes Rohsilber aus Treibherden an Hütten, das als Herdsilber bezeichnet wird.

1.3 Geländeuntersuchung und Untersuchung vorindustrieller Verarbeitungsareale

Die Methodik der Geländeuntersuchung der vorindustriellzeitlichen Aufbereitungs- und Hüttenbetriebe wurde in der Region Havlíčkův Brod entwickelt. Für die Untersuchung standen auch historische Revierkarten zur Verfügung. Von Bedeutung ist eine Kollektion von mehreren Karten, die vom Bergmeister Johann Höniger angelegt wurden (Rous–Malý 2004, 14–143; digitales Kartenarchiv ČGS, Sign. M 2 B 127, MAA 819, S 23-01/002, MAB 410, MA-B/0406, MA-B/0407). Für das Gebiet Stříbrné Hory – Utín ist die Karte Böhmisches Schützendorf und Silberberger Bergbau Terrain aus dem Jahr 1880 geeignet (digitales Kartenarchiv ČGS, Sign. M 2 B 127; Abb. 3). Die Geländeuntersuchung basiert auf den Grundsätzen der Archäologie, obwohl sie um spezielle Aktivitäten optimiert wurde, die auf die Gewinnung von archäometallurgischen Daten abzielen (Kap. 1.2 und 1.4).

1.4 Bodenproben: Die Geochemie im Dienste der archäometallurgischen Untersuchung vorindustrieller Verarbeitungsareale

Geochemische Analysen der aus Roherzen, Erzkonzentraten, Aufbereitungsabfall und den Betriebsfüllungen der Öfen gewonnenen Proben stellen neben den Analysen von Schlacken, Bleiglätte und Metallgussstücken die zweite Hauptgruppe der Quellen für das archäometallurgische Studium vorindustrieller Aufbereitungsareale dar. Am besten umgesetzt wurde die Probenahme auf großflächig archäologisch untersuchten Arealen und in Auenprofilen, die Komponenten einer Berbau- und Metallgewinnungstätigkeit aufweisen. Bodenproben werden zwecks Analyse der Buntmetalle und Abscheidung technogener Komponenten genommen, zu denen Gangartstücke, Erze (ggf. Erzkonzentrat), Schlacken, Edelmetalltropfen, Holzkohle u.ä. zählen. Die mineralogische Auswertung der schweren Minerale erfolgt meist unter einem Binokularmikroskop, wobei die Elemente nach Bedarf analysiert werden und deren Spektrum für gewöhnlich den jeweiligen Bedingungen entsprechend unterschiedlich ist.

1.5 Großflächige Magnetometrie

Eine geophysikalische Prospektion vorindustrieller metallurgischer Areale hat sich bislang nur in Ausnahmefällen durchgesetzt (Hrubý 2011, 42, 68, 70, 71, 74, 75; Hrubý et al. 2012, 359, 364). Bei der Lokalisierung von untertägigen Grubenräumen hat sich beispielsweise Georadar in Kombination mit Gravimetrie gut bewährt (Venclová–Křivánek 2008). Zur Untersuchung ausgedehnter Flächen ist der Einsatz eines Magnetometers am geeignetsten. Hütenschlacken, Öfenüberreste sowie Überreste von Erzdeponien verursachen magnetische Anomalien, die wir mithilfe eines Magnetometers messen und auswerten können. Eine wichtige Rolle spielen dabei unterschiedliche ferrimagnetische Minerale, die in den archäologischen Strukturen Anhäufungen mit einem höheren Geomagnetismus als in der Umgebung bilden (Faßbinder 1994; Le Borgne 1955). Gut detektierbar sind von hoher Temperatur betroffene Überreste von Produktionsanlagen und Arbeitseinrichtungen, die hohe Magnetwerte aufweisen und im Magnetfeld deutliche

Anomalien bilden (Le Borgne 1960). Der größte Vorteil einer magnetometrischen Untersuchung besteht allerdings in der Fähigkeit, anthropogene Aktivitäten auf großen Flächen zu orten.

2 Utín – eine wüste Verhüttungsanlage bei Sázava

2.1 Historisch-topografische Charakteristik

Untersuchungsgegenstand war ein ausgedehntes Aufbereitsungsareal, das sich 1 400 m nordöstlich von der Gemeinde Utín entfernt an einer Flussbiegung am südlichen Ufer der Sázava befindet (Abb. 2:7). Von Südwesten her wird die Fundstelle durch eine Bahntrasse abgegrenzt. Der südliche Teil der Fundstelle liegt an einem flachen Hang, der sich von der Flussaue nach Südwesten hin erhebt, der überwiegende Teil liegt in der Flussaue. Die Spanne der Seehöhen beträgt ca. 436–442 m. Es handelt sich um eine mit Rasen bepflanzte Fläche (Abb. 4). In den daran angrenzenden Parzellen macht sich im NNO-Teil ein älterer Mäander der Sázava bemerkbar, der noch im Jahr 1974 ein funktionierendes Flussbett darstellte (Rous–Malý 2004, 122–126). Das Areal hing mit dem Bergbauzentrum an der Fundstelle Poperek zusammen. Die Fundstelle wurde als Bergbaubetrieb Buchberg identifiziert, der in einer Urkunde vom 25. Oktober 1258 erwähnt wird (CDB V/1, 267–268 Nr. 168).

2.2 Archäologische Untersuchung, geochemische Untersuchung und ihre Ergebnisse

Die ersten Untersuchungen wurden im Jahr 1998 durchgeführt (Malý 1998, 48). Diese Kampagne wurde auf dem Schlackenplatz um einen Sondierschnitt mit den Maßen von ca. $1,6 \times 1$ m und um einen kleineren Suchschnitt im Südteil des Schlackenplatzes ergänzt (Abb. 6 und 7). Die geringen Keramikfunde erlauben keine genauere archäologische Datierung, lediglich ein einziges Bruchstück kann dem 13./14. zugeordnet werden. In der Schichtenfolge wurden Proben von Roherz, Schlacke, Bleigussstücken und Bleiglätte genommen, die analysiert wurden (Rous–Malý 2004, 124–126, Abb. 3 und 4, 136–141, 137–139, Tab. 6). Für die Entnahme von Bodenproben für die Metallometrie wurde eine Fläche von 100×50 m an den Stellen mit der höchsten Hüttenschlackenkonzentration ausgewählt. Die Proben wurden in einem Raster von 5×25 m entnommen. Der jeweils ermittelte Gehalt an in den Böden enthaltenen chemischen Elementen wird in Tab. 1 zusammengefasst und ihre Flächenverteilung in den Abbildungen 8–12 wiedergegeben. Bei allen Elementen können die ermittelten Werte als stark erhöht angesehen werden. Im Fall von Pb kann der Wert sogar als extrem bezeichnet werden.

2.3 Großflächige Magnetometrie der wüsten mittelalterlichen Verhüttungsanlage und ihre Ergebnisse

Der Schlackenplatz stellt ein Polygon mit den Maßen 60×100 m ($5\,500$ m²) dar und wird durch eine inhomogene Konzentration geringer Anomalien mit hohen Magnetwerten gebildet (-10 bis 10 nT). Im Nordteil des Schlackenplatzes wurden örtliche Anomalien von bis zu 80 nT gemessen. Das könnte auf das Vorhandensein von Überresten von Verhüttungsöfen hindeuten, die jedoch nicht separat unterschieden werden können, da sie von Material mit ähnlichen magnetischen Eigenschaften umgeben sind. Auch bei zwei örtlichen Anomalien im Südteil des Schlackenplatzes können wir im Hinblick auf Werte um die 40 und 100 nT Relikte von Öfen in Erwägung ziehen. Interessant sind vier rundförmige Anomalien mit negativen Magnetwerten. Ihre Interpretation ist problematisch, gleichwohl kann es sich dabei ebenfalls um Überreste einer pyrometallurgischen Anlage handeln.

Am Hang oberhalb des Schlackenplatzes befindet sich eine Anhäufung von dreizehn Anomalien von jeweils verschiedener Form und Größe, die auf das Vorhandensein von Siedlungsobjekten hindeuten könnte (Abb. 17:4). Zu den wichtigen Feststellungen gehört die Identifizierung von linearen Anomalien. Als erstes fällt einem die 110 m lange Struktur Nr. 5 ins Auge, die von

der Fundstellenmitte nach Westen hin verläuft (Abb. 17:5). Die indirekten linearen Strukturen kann man als ältere, mäandrierende Flussbette der Sázava ansehen, obgleich sich hier ihre einstmalige Nutzung als künstlich angelegte und unterhaltene Wassergräben anbietet (Kap. 3.2).

3 Diskussion und Auswertung

Anhand der geomagnetischen Vermessung, der Geochemie und der Sondierungsgrabungen haben wir hier das Bild eines Produktionsareals mit praktischer und funktionierender Infrastruktur vor uns. Struktur Nr. 7 könnte als Wasserkanal genutzt worden sein, in den das Wasser aus der Sázava umgeleitet wurde. Die Erzverhüttung ist dort durch einen Schlackenplatz (Nr. 1) und durch geomagnetische Anomalien belegt, die Überreste von Öfen anzeigen können (Nr. 2 und 3). Das hohe Maß an Schlacken war mit der Zeit jedoch die Ursache für eine Verschüttung, was das Anlegen eines neuen Wassergrabens erforderlich machte. Als Indikator für ein jüngeres wassertechnisches Element bietet sich die geomagnetische Struktur Nr. 5 an. Den höchsten Gehalt an chemischen Elementen, besonders an Zn, Cd und As, können wir im Nordteil des Schlackenplatzes beobachten (Abb. 14–16). Diese Anomalie kann somit neben dem Schmelzen auch eine primäre Phase der Erzaufbereitung durch Mahlvorgang, Stampfen und Erzwaschen widerspiegeln. Eine weniger ausgeprägte geochemische Anomalie befindet sich südlich, wo Cu, Pb und Ag enthalten waren. Die räumliche Verteilung dieser Elemente korreliert mit den geomagnetischen Strukturen Nr. 2 und 3 (Abb. 17–20). Hier bietet sich die Interpretation eines Verhüttungsarbeitsplatzes an, an dem reichere Erzkonzentrate mit höherem Blei- und Silberanteil geschmolzen wurden. Diese Schmelzen waren im Vergleich zum nördlicher gelegenen Arbeitsplatz eher geringen Umfangs.

Mgr. Petr **Hrubý**, Ph.D., Archaia Brno, o. p. s., Bezručova 78/15, 602 00 Brno, Česká republika

RNDr. Karel **Malý**, Ph.D., Muzeum Vysočiny Jihlava, Masarykovo náměstí 55, 586 01 Jihlava, Česká republika

Mgr. Peter **Milo**, Ústav archeologie a muzeologie Filozofické fakulty Masarykovy univerzity, Arna Nováka 1, 602 00 Brno, Česká republika

