



ARCHEOLOGIA TECHNICA 34/2023

ISSN 1805-7241

<http://archeologiatechnica.cz>

MATERIÁLOVÁ ANALÝZA FUNERÁLNEJ LIATINY Z OBLASTI ZÁPADNÉHO SPIŠA A JEJ VZŤAH KU COBURGOVSKÝM ŽELEZIARŇAM NA HOREHRONÍ

Peter Roth, Jozef Petřík, Peter Blaško

Dostupné online:

<http://archeologiatechnica.cz/node/397>

Citace článku:

Roth P. – Petřík J. – Blaško P. 2023: Materiálová analýza funerálnej liatiny z oblasti západného Spiša a jej vzťah ku Coburgovským železiarňam na Horehroní. Archeologia technica 34, 14-20.

© Autoři, 2023

Technické muzeum v Brně / Purkyňova 105, 612 00 Brno, Czech Republic
Tel.: 541 421 426 / www.tmbрно.cz

 TECHNICKÉ
MUZEUM
V BRNĚ

Archeologia technica

Archeologia technica je odborným recenzovaným periodikem předkládajícím příspěvky spojené se „zkoumáním výrobních objektů a technologií archeologickými metodami“, průmyslovou archeologií i praktickými experimenty. Poskytuje prostor pro publikování a diskusi problematiky spjaté s archeologickými výzkumy technických a technologických zařízení, dokumentací a záchranou průmyslového dědictví a seznamování s výsledky praktických experimentů prováděných v rekonstrukcích starých výrobních zařízení. Publikujeme též kratší zprávy o vybraných výrobních objektech, výrobních technologiích z nejrůznějších časových období, ale i dalších tematicky souvisejících aktivitách.

Čtyřiatřicáté číslo AT začíná textem navazujícím na řadu příspěvků potýkajících se s doklady raně středověkého železářství, zejména těmi uchovávanými ve sbírkovém fondu vydavatele tohoto periodika, tentokrát se jedná o tzv. dyznové vložky.

Tradiční uspořádání s tou nejdůležitější (železářskou) tematikou na počátku (vápeníci, cihláři, pivovarníci a jiní necht' prominou) pokračuje příspěvkem o materiálové analýze funerální litiny ze slovenské Spiše a jejího možného využití ke zjištění provenience z pera a laboratoře Petera Rotha, Jozefa Petrika a Petera Blaška. Památkové obnově známého železářského hamru v Dobříví a obohacení našich znalostí o jeho vývoji díky nedávnému archeologickému výzkumu provedenému během rekonstrukčních prací se věnuje článek Davida Tумы a Zdeňka Vaindla. I čtvrtý příspěvek pojednává o metalurgické problematice, tentokrát však ne železářské, ale v chronologii dle Christiana Thomsena nahlédneme do období předchozího, do pozdní doby bronzové, a to v práci Michaela Kamaráda o dokladech metalurgické činnosti v jihomoravských Hodonicích.

Stavebním hmotám, konkrétně vápenictví, je věnován další text. Petr Nový a Martin Černý nás seznámí s archeologickým výzkumem pozdně hradištní jámy k pálení vápna u kostela Narození Panny Marie ve středočeských Holubicích. Autorský kolektiv Michala Hlavici, Antonína Přichystala, Rudolfa Procházky a Petra Gadaše přináší poznatky o jednom z možných zdrojů suroviny pro výrobu mlecích kamenů – žernovů – v raném středověku, ležícím ve všem trampům dobře známém údolí Oslavky u Čučic. Poslední příspěvek nás zavede do zahraničí, do severoitalské nížiny při řece Isonzo, kam se zatoulal výrobek jednoho z nejslavnějších brněnských výrobců, parní stroj První brněnské strojírně.

Shrnutí experimentálních a ukázkových taveb, jakož i dalších rekonstrukcí starých výrobních činností ve Staré huti u Adamova v takřka uplynulém roce 2023 jsme si ponechali na příští rok. Objeví se v jarním čísle našeho časopisu, který se promění v časopis internetový se dvěma čísly – jarním (dubnovým) a podzimním (říjnovým). Mimo příspěvků v elektronické podobě se budeme též snažit o tištěné supplementum (s omezeným nákladem) obsahující shromážděné texty v hmotné formě.

Archeologia technica je odborným recenzovaným periodikem předkládajícím příspěvky spojené se „zkoumáním výrobních objektů a technologií archeologickými metodami“, průmyslovou archeologií i praktickými experimenty. Rádi bychom poskytovali prostor pro publikování a diskusi problematiky spjaté s archeologickými výzkumy technických a technologických zařízení, dokumentací a záchranou průmyslového dědictví a seznamování s výsledky praktických experimentů prováděných v rekonstrukcích starých výrobních zařízení.

Kromě obsáhlejších příspěvků jsou přijímány též kratší zprávy o vybraných výrobních objektech, výrobních technologiích z nejrůznějších časových období, ale i dalších tematicky souvisejících aktivitách.

Další informace pro autory jsou uvedeny na webu Technického muzea v Brně www.tnbrno.cz. Doporučili bychom Vaši pozornosti i stránky www.starahut.com, kde je možné nalézt informace o akcích pořádaných Technickým muzeem v Brně na poli starého železářství. A v neposlední řadě web tohoto periodika i tradiční stejnojmenné odborné konference, jehož adresa zní www.archeologiatechnica.cz.

Za redakční radu Ondřej Merta

Obsah

Dyznové vložky – neobvyklý inventář moravských raně středověkých železářských hutí? <i>Ondřej Merta</i>	3
Materiálová analýza funerálnej liatiny z oblasti západného Spiša a jej vzťah ku Coburgovským železiarňam na Horehroní <i>Peter Roth – Jozef Petřík – Peter Blaško</i>	14
Výsledky a zhodnocení stavební obnovy vodního hamru Dobřív na Podbrdsku <i>David Tuma – Zdeněk Vaindl</i>	21
Doklady o metalurgické činnosti v Hodonicích ve starší době bronzové <i>Michael Kamarád</i>	38
Pozdně hradištní milířovací jáma na pálení vápna z Holubic, okr. Praha-západ <i>Petr Nový – Martin Černý</i>	46
Svorové ruly z Čučic. Zdroj raně středověkých žernovů na Moravě <i>Michal Hlavica – Antonín Přichystal – Rudolf Procházka – Petr Gadas</i>	56
Brněnský parní stroj na hranici Monarchie (a jedna jedinečná technická památka) <i>Ondřej Merta</i>	66

MATERIÁLOVÁ ANALÝZA FUNERÁLNEJ LIATINY Z OBLASTI ZÁPADNÉHO SPIŠA A JEJ VZŤAH KU COBURGOVSKÝM ŽELEZIARŇAM NA HOREHRONÍ

Peter Roth – Jozef Petřík – Peter Blaško

Rozšírenie funerálnej liatiny na Slovensku je spojené s rozšírením odlievania z kuplových pecí a rozvojom železničnej siete. Liatinové náhrobky zo sledovanej oblasti západného Spiša, predovšetkým z priestoru Hranovnica – Spišské Bystré obyčajne pochádzajú zo železiarní z horehronskej oblasti – v Pohorelej alebo Hronci, výnimočne z Krompách. Čo sa týka mikroštruktúry, u náhrobníkov dominuje sivá liatina s obsahom síry a fosforu. Väčšina náhrobníkov bola odliata z kuplovej pece.

Kľúčová slova: liatinové kríže – funerálna liatina – Slovensko – západný Spiš – Horehronie – Coburgové železiarne – obchod

MATERIAL ANALYSIS OF FUNERARY CAST IRON FROM THE AREA OF WESTERN SPIŠ AND ITS RELATION TO THE COBURG IRONWORKS IN HOREHRONIE

The spread of funerary cast iron in Slovakia is connected with using of cupola furnaces and the development of the railway network. Cast iron tombstones from the monitored area of western Spiš, especially from the area Hranovnica – Spišské Bystré usually come from ironworks in the „upper Hron“ area – in Pohorela or in Hronec, exceptionally from Krompachy. As for the microstructure, the tombstones are dominated by gray cast iron, containing sulfur and of phosphorus. Most tombstones were cast from a cupola furnace.

Keywords: cast iron crosses – funeral cast iron – Slovakia – western Spiš region – Horehronie region – Coburg Ironworks – trade

V odbornej literatúre, a to nielen v čo sa týka Slovenska, sa funerálnej liatine venuje, či už z umelecko-historického alebo z archeometalurgického hľadiska len malá pozornosť. Na Slovensku v tomto zmysle možno spomenúť práce P. Fečkovej, Ľ. Mihoka, J. Weiss (Fečková et. al. 2006, 26; Mihok – Fečková – Weiss 2006; Fečková 2007). Prehľad funerálnej liatiny v zbierkach NTM Praha publikoval Z. Rasl (Rasl 1980). Funerálnej liatiny v uhorskom a aj európskom kontexte sa venuje L. Pusztai (Pusztai 1978, 42, 66, 72, 81, 143). Nové informácie o problematike určite poskytne (autorom zatiaľ nedostupná) publikácia J. Bělovej (Bělová 2011).

Tento článok sa zaoberá materiálými analýzami fragmentov poškodených náhrobníkov, najčastejšie krížov, ktoré boli získané voľným zberom v oblasti Horehronia a horného toku Hornádu. Cieľom práce bolo zistiť rozšírenie produkcie výrobkov z Coburgových železiarní na Horehroní aj do iných oblastí, hlavne na horný tok Hornádu, keďže Coburgovci vlastnili prevádzky aj v iných oblastiach, napríklad Hrabušiciach (okr. Spišská Nová Ves). Odoberané vzorky boli miniatúrne, vzorkovanie bolo robené predovšetkým z poškodených častí krížov, ktoré boli padnuté na zemi tak, aby dostatočne reprezentovalo výrobok z hľadiska metalografickej analýzy. (Pri opätovnej návšteve týchto lokalít, sme zistili, že väčšina

poškodených častí z týchto krížov bola už z cintorína odstránená a teda vzorkovanie by už nebolo možné, lebo vzorky sme zásadne neodoberali z nepoškodených výrobkov.) Taktiež sme sa rozhodli z pietnych dôvodov neuvádzať mená zosnulých, na hrobe ktorých ten-ktorý výrobok stál. Výsledky analýzy boli porovnávané s údajmi, uvádzané v prácach P. Fečkovej et al., Ľ. Mihoka a J. Weiss (Fečková et. al. 2006, 26; Mihok – Fečková – Weiss 2006; Fečková 2007) pričom u niektorých vzoriek bola doplnená spektrálna a metalografická analýza.

FUNERÁLNA LIATINA – VÝVOJ VYSOKOPECNEJ PRODUKcie NA SLOVENSKU

Funerálna liatina sa na Slovensku začína v hojnejšej miere vyskytovať v 19. storočí v súvislosti s rozvojom vysokopecnej výroby železa a následným rozšírením kuplových pecí. Dostatok liatiny, zlepšenie dopravy (budovanie železníc) znížili jej cenu a urobili ju dostupnejšou. Liatinové náhrobky majú spravidla dlhšiu životnosť ako drevené. Ako uvádza Fairweather výhody liatinových náhrobníkov spočívali v tom (v kontexte Anglicka), že boli lacné,

mohli byť objednané poštou a doručené železnicou, dali by sa objednať kompletne s nápisom alebo bez neho a „vydržali zub času“. ¹ Bohužiaľ, v súčasnosti sa často stávajú objektom nezájmu, alebo dokonca končia ako železný šrot. Vzorky funerálnej liatiny sa sporadicky nachádzajú aj múzeách na Slovensku, napríklad liatinové kríže z Drnavy a Levoče z prelomu 19. a 20. storočia. ²

V železiarňach v Blansku (južná Morava) od začiatku 19. storočia odlievali aj náhrobné kríže, ktoré vzhľadom na nízku cenu rýchle nahradili kamenné. Zachovala sa tabuľka z náhrobného kríža datovaná do roku 1847 (*Grolich 1991*, 39, 43, 120). Najstarším zachovaným artefaktom funerálnej liatiny na Slovensku je náhrobná doska Polixeny Kielmann (rodená Knorr), deponovaná v Slovenskom banskom múzeu, Banská Štiavnica. Je datovaná do roku 1598, bez dostupných údajov o zložení a metalografii (*Pusztaí 1978*, 42, 66, 72, 81, 143; *Purš et al. 1984*, 174). V tom čase na Slovensku (a ani v Uhorsku) ešte nebola v prevádzke vysoká pec. Doska mohla byť dovozom zo zahraničia alebo, ak je miestneho pôvodu, mohla byť odliata z vyššej šachtovej pece s vodným dúchaním (slovenská pec). Tieto pece mohli v určitom režime produkovať aj liatinu. Ranné vysoké pece mali štvorcový tvar, stavali sa z pieskovca a dúchali dvoma mechmi poháňanými vodou. Bývali spevnené lešením. Ruda bola pražená, vsádzaná bez troskotvorných prísad, palivo bolo drevené uhlie. Pece boli pôvodne odpichované cez dieru v stene nisteje. Od polovice 16. storočia sa začali budovať vysoké pece s otvoreným predpecím. Predpecie bolo uzavreté hrádzkou, ponad ňu sa sťahovala troska, surové železo sa vypúšťalo odpichovým otvorom v päte hrádzky. Nízke obsahy kremíka v surovom železe (liatine) sú typické pre staršie, chladné dúchanie. Liatina obsahovala okolo 0,8 % kremíka, 3,7 % uhlíka, 0,7 % mangánu, zanedbateľný obsah síry a v závislosti od použitej rudy až 0,7 % fosforu – prakticky všetok fosfor z rudy prechádzal do železa, nakoľko vtedy používaná kyslá (fayalická) troska ho nedokázala absorbovať. Na základe uvedeného chemického zloženia bola produktom ranného vysokopecného procesu tvrdá a krehká biela liatina. Výskyt sivej liatiny v 16.–19. storočí pri nezmenenom chemickom zložení (predovšetkým nízkom obsahu kremíka) bol spôsobený podmienkami ochladzovania (napríklad pomalé ochladzovanie hrubostenných odliatok).

V roku 1867 bolo patentované uzatvorené predpecie. V roku 1828 patentoval Nielson ohrev vzduchu. Okrem zvýšenia efektívnosti vysokopecného procesu v jeho dôsledku stúpol železe obsah kremíka – surové vysokopecné železo získalo charakter mäkšej a menej krehkej sivej liatiny.

Abraham Darby I. použil koks ako vysokopecné palivo v roku 1709 (Coalbrookdale, Shropshire, časť pece ešte existuje). Koksovité surové železo obsahovalo viac kremíka ako drevouhoľné (1,2 – 1,6%), produkt bola sivá liatina. Zvyšovanie obsahu kremíka v liatine podporoval aj predohrev vzduchu.

Železo sa pôvodne odlievalo z vysokých pecí, prípadne, po sekundárnom roztavení bločkov vysokopecného železa aj z plameňových pecí. Vysokopecné železo sa pred odlievaním obvyčajne pretavovalo v plameňovej peci, pri čom sa odstránila časť trosky. Táto techno-

lógia sa požívala v Anglicku na prelome 17.–18. storočia. V 18. storočí D'Alembert uvádzal použitie malých šachtových pecí s ručným dúchadlom na pretavovanie liatiny, nazývané „cupolas“. Kuplová pec v našom ponímaní sa objavila na konci 18. storočia.

Výstavba prvej vysokej pece na Slovensku v Ľubietovej bola zdôvodnená „potrebou liatiny, ktorá sa nikde v Uhorsku nevyrába“. Tomu protirečí existencia liatinového tovaru v druhej polovici 17. storočia na našom území. Pravdepodobne sa na to využívali už spomínané vyššie šachtové („slovenské“) pece. Dokladom o odlievaní železa na území Slovenska v 16. storočí môže byť spomínaná náhrobná doska P. Kielmannovej a liatinová platňa z Rožňavy z roku 1607. V Slovenskom technickom múzeu v Košiciach sa nachádza odliatok železa s vyliatym značením 1501. Nevieime, či ide o dátum, resp. iný význam čísla. V 90. rokoch 16. storočia vyvážali levočskí kupci do Poľska aj (odlievané?) hrnce, kanónové gule a náboje pre pušky. Železiarne v údolí Hrona odlievali liatinové delostrelecké gule v rokoch 1661-1664 a 1703-1711 (Ľubietová, Tisovec, Medzev).

V 18. storočí sa v Ľubietovej formy na odlievanie pripravovali z hliny zmiešanej so slamou, dobre sa vyhrli, zahrabali do zeme, a pri odpichu sa do nich napustila liatina. Hlina sa používala na odlievanie nepravidelných, kľukatých a zaokrúhlených odliatok, do piesku sa liali dosky a odliatky pravidelných tvarov. Používali sa aj formy zo zmesi piesku a spráše. Delové gule sa liali aj do kovových foriem. Prvý parný stroj postavil na Slovensku I. Potter v Novej Bani v roku 1722, na rozdiel od západnej Európy sa použili domáce súčiastky (železné odliate v Ľubietovej, medené odliali zvonolejárí v Banskej Bystrici (*Tibenský et al. 1986*, 247) ³

Do 70. rokov 19. storočia na Slovensku prevažovalo priame odlievania z vysokej pece. Neskôr sa liatina pretavovala v plameňových alebo kuplových peciach. V roku 1841 bola na Slovensku jedna kuplová pec (Drnava), v päťdesiatych rokoch ich bolo sedem. Väčšina kuplových pecí bola v prevádzke len podľa potreby, v Drnave a Krompachoch pracovali sústavnejšie. Na Slovensku v rokoch 1830/31 odlievalo asi 65 % z celouhorskej produkcie liatiny.

V polovici 19. storočia boli najvýznamnejšie zlievarne Poniky, Ľubietová, Hronec, Tisovec, Tri Vody (Osrbie), Vlachovo, Muránska únia, Hrlica, Betliar, Ploské, Rimavská koalícia, Štítnik, Mlynky, Liptovský Hrádok, Chyžnianska Voda (Lubeník). Odlievalo sa zväčša z vysokých pecí, kuplové pece boli v Drnave (od 1838 do 1913), Myslave (1852-1867), Krompachoch, Chyžnianskej Vode (1846-1929), Prakovciach dve (od 1847) v Pohorelej (od 1843) a v Hronci (1920 dve); plameňové pece boli v Drnave (v 60. rokoch 19. storočia dve) a v Pohorelej (od 1846). Kuplové pece boli nižšie ako vysoké pece, veľmi úzke, spodnú časť mali spevnenú železnými platňami. Kuplové pece používajúce drevené uhlie boli užšie ako pece na minerálne palivo. Vyžadovali aj dvakrát vyšší tlak vzduchu. Výška kuplovej pece na drevené uhlie bola 3,5 – 6,5 m, na koks 2 – 2,5 m, zriedkavo 4 m. Odlievanie z plameňových pecí bolo zriedkavé. V Drnave sa v 60. rokoch 19. storočia používal v kuplovej peci ako palivo koks (z Pruska a Anglicka), v Prakovciach jedna kuplová pec pracovala na anglický koks, druhá na drevené uhlie. Po roku 1867 sa strojové súčiastky liali zväčša z kuplových a plameňových pecí s cieľom zabezpečiť kvalitu odliatok,

1 www.churchmousewebsite.co.uk (online, 20. 2. 2023)

2 Informácia M. Jahodová, Slovenské technické múzeum Košice.

3 V januári 1788 v štátnej bani na olovenú rudu Fridrich pri Tarnoviciach v pruskom Sliezsku bol daný do prevádzky parný stroj na pohon čerpadiel odčerpávajúcich banskú vodu. Išlo o prvý parný stroj daný do prevádzky na európskom kontinente mimo Anglicko (*Žáček 2004*, 214).

komerčné odliatky sa liali z vysokých pecí. V rokoch 1868-1869 bolo na Slovensku 43 vysokopecných závodov, v 15 závodoch odlievali železo (Purš et al. 1984, 174; Petrik – Mihok 2008; Šarudyová 1989; Tylecote 1992).

Práca sa zoberá analýzami fragmentov poškodených náhrobníkov, najčastejšie krížov. Boli získané voľným zberom v oblasti Horehronia a horného toku Hornádu, lokality zberu sú uvedené na mape na obr. 1.

METODIKA ANALÝZ

Vzorky odobrané spravidla z poškodených častí krížov boli zaliate do epoxidovej živice. Nasledovalo brúsenie na vodou chladených brúsnych papieroch o zrnitosti 220 až 3000 GRIT s následným leštením diamantovou pastou zrnitosti 0,5 µm, kotúč leštičky sa zvlhčoval petrolejom. Na zviditeľnenie štruktúry sa výbrusy leptali 2% alebo 5% nitalom, na zviditeľnenie nehomogenít v distribúcii fosforu Oberhoffovým leptadlom.

Pred leštením sa urobil Baumannov odtlačok na kvalitatívne stanovenie prítomnosti síry – jej prítomnosť v troske a železe signalizuje, že sa ako palivo použil koks, na Slovensku od konca 19. storočia (Petrik – Moravčíková 2006).

Mikroštruktúra sa vyhodnocovala na optickom mikroskope Neophot 32, zväčšenie je 200x, prípadne 500x). Mikrotvrdosť sa merala kalibrovaným tvrdomerom Hanemann.

Analýza chemického zloženia sa robila na spektrometri Niton Goldd, prítomnosť vedľajších (0,01% – 1%) a stopových (0,0001% – 0,01%)

sa stanovila semikvantitatívne na spektrografe PGS2. Doplnujúce a porovnávacie analýzy sa robili na spektrofotometri Perkin Elmer. Obsahy C a P sa stanovili „mokrou“ chemickou analýzou.

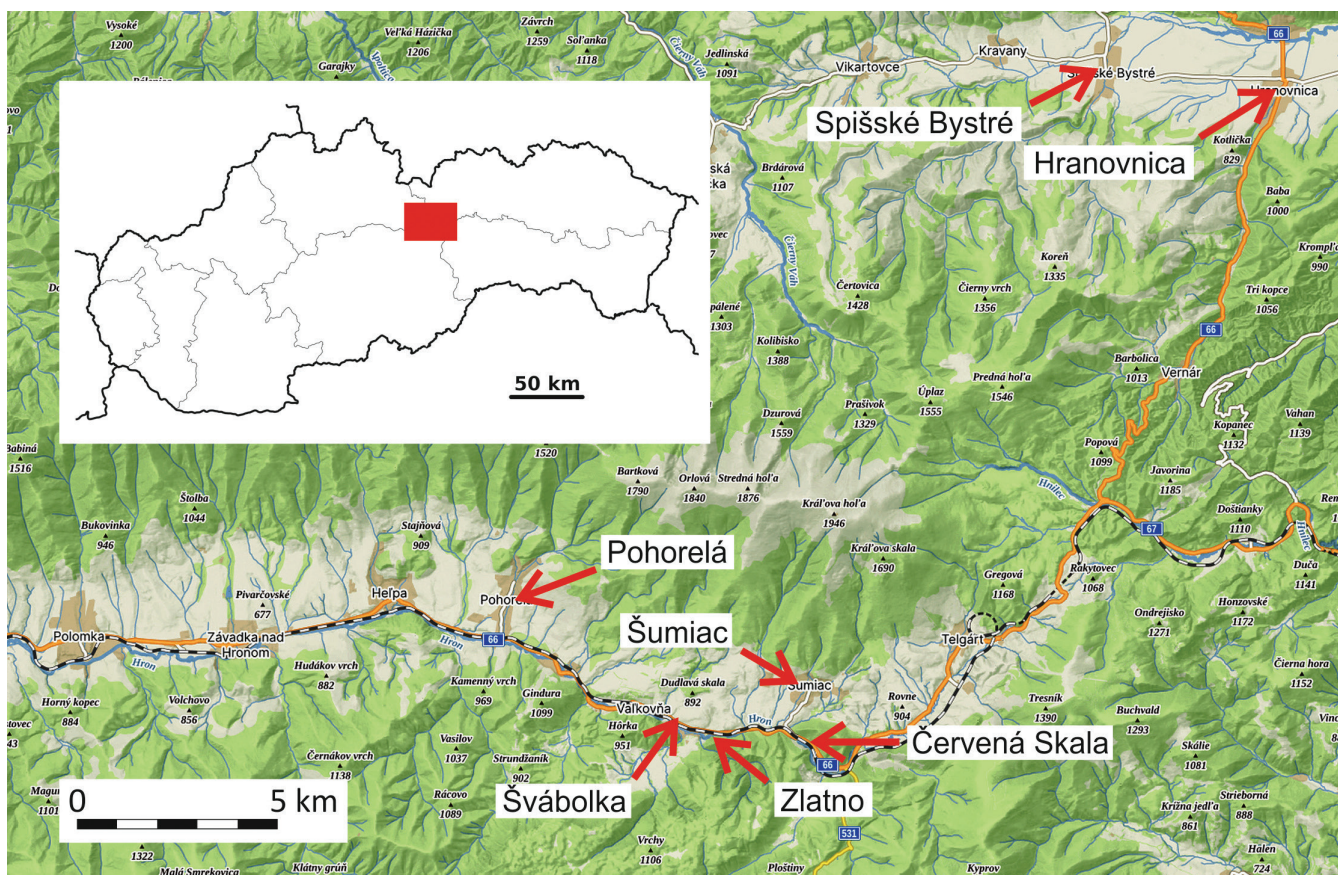
Metalografická analýza sa realizovala s použitím prác J. Grutkovej, O. Rodziňakovej, M. Šlesára, V. Vondráška, P. Futáša, J. Krawczyka a J. Pacynu (Grutková – Rodziňaková 1974, Šlesár – Vondrášek 1965, Futáš et al. 2020, Krawczyk 2011, Krawczyk – Pacyna 2009).

VÝSLEDKY ANALÝZ

Výsledky chemických analýz sú uvedené v tab. 1, výsledky semikvantitatívnej spektrálnej analýzy (vedľajšie a stopové prvky) v tab. 2.

Tab. 1: Chemická analýza

	Lokalita	C	Si	Mn	P	S
P334	Hranovnica	3,8	2,36	0,63	0,062	0,125
P354	Spišské Bystré	3,9	1,8	0,44	0,368	0,1
P358	Zlatno	3,8	3,31	1,13	0,056	0,1
P360	Pohorelská Maša	3,61	2,52	0,38	0,027	0,054
L4A	Pohorelská Maša	3,42	2,81	0,51	0,052	0,089
P361	Šumiac	4,07	2,86	0,57	0,07	0,081
P362	Červená Skala	4,27	1,79	1,15	0,06	0,045
L7	Červená Skala	3,8	4,65	1,37	0,069	0,078
P363	Švábolka	3,42	2,81	0,51	0,052	0,089
L1	Švábolka	3,8	1,77	0,8	0,027	0,02
L3	Švábolka	4,65	3,69	0,9	0,034	0,089
F1	pamätník Pohorelská Maša	4,27	1,29	1,87	0,05	0,124



Obr. 1: Lokality z ktorých pochádzajú analyzované vzorky. Mapový podklad <https://mapy.dennikn.sk>

Obsahy síry nad 0,1 % svedčia o použití minerálneho paliva vo vysokopecnom procese (na Slovensku od konca 19. storočia), prípadne v procese sekundárneho pretavovania (v kuplovej peci). V druhom prípade mohlo k kontaminácii sírou dôjsť aj skôr. Obe zdroje síry prakticky nie je možné odlišiť. Situáciu môže komplikovať aj fakt, že sa mohlo sekundárne taviť aj surové železo, pochádzajúce zo zahraničia, prípadne ako krajná možnosť mohol mať skúmaný náhrobok zahraničný pôvod (Tylecote 1992, Petrik – Moravčíková 2006, Šlesár – Vondrášek 1965).

Tab. 2: Spektrálna analýza: vedľajšie (2) a stopové (1) prvky v niektorých vzorkách

	Lokalita	Mn	Cu	Ni	Co	Ag	Sn	Zn	Sb	Pb	Mo	V	Cr
A334	Hranovnica	2	2	2	1	1	1	1	0	1	0	1	0
A335	Hranovnica	2	2	2	0	1	1	1	0	1	0	2	0
A353	Spišské Bystré	2	2	2	1	1	1	2	1	1	0	0	0
A354	Spišské Bystré	2	2	2	0	1	1	1	1	0	0	2	1
A358	Zlatno	2	0	2	0	1	0	1	0	0	0	1	0
A360	Pohorelská Maša	2	2	2	1	1	1	2	1	1	0	2	0
A361	Šumiac	2	2	2	1	1	1	0	1	1	0	2	0
A362	Červená Skala	2	0	1	0	1	0	1	0	0	0	1	0
A363	Švábolka	2	2	2	1	1	1	1	0	1	0	2	0

2: 0,01 – 1,0 %; 1: 0,0001 – 0,01 %

NASLEDUJÚ VÝSLEDKY METALOGRAFICKÝCH ANALÝZ:

P215 Stará Lubovňa – Zajačka

Ozdobný predmet – odliatok, ktorý slúžil asi ako zakončenie stĺpa. Výška odliatku je 90 mm, priemer cca 40 mm.

Baumannov odtlačok avizuje prítomnosť sulfidov. Feriticko-perlitická sivá liatina s pavúčikovým grafitom s ružicovým usporiadaním (20 – 60 μm). Leptanie Oberhoffovým leptadlom potvrdilo prítomnosť fosforu (aj údaje v tab. 1), ktorej dôsledkom je tvorba steaditu. Steadit je tvrdý a krehký, v konečnom dôsledku zhoršuje vlastnosti odliatkov. Mikrotvrdosť feritu je v priemere 388 HV0,05, steaditu 636 HV0,05. Pri výrobe sa použilo minerálne palivo, ak to nie je export, tak vznik najneskôr na prelome 19. a 20. storočia. Pre priemernú hrúbku steny odliatku (pod 10 mm) sa tento typ liatiny objavuje pri obsahu C + Si nad 6 %.

Tenkostenný odliatok z sivej liatiny do dvojdielnej formy. Liatina sa tavia asi v kuplovej peci.

P233 Hniezdne, č. d. 217-218.

Kus liatiny 180 × 180 × 25 mm (4,2 kg), skorodovaný. Baumannov odtlačok nepotvrdil prítomnosť sulfidov. Pedeutektická biela liatina (biely cementit, medzi ním zrná feritu). Pokiaľ odliatok nechladol extrémne rýchlo (napríklad po odliatí do kovovej formy) je to produkt vysokej pece bez ohrevu vzduch, a bez použitia minerálneho paliva. V tom prípade vznikol (ak na Slovensku) najneskôr na začiatku 19. storočia.

P334 Hranovnica

Fragment liatinového náhrobného kríža. Fragment predstavuje rastlinný ornament s hrúbkou 15 mm s jemnozrným lomom. Feriticko-perlitická sivá liatina s červíkovitým grafitom a steaditom, Baumannov odtlačok aj chemická analýza potvrdili prítomnosť sulfidov. Náhrobok bol odlievaný pravdepodobne z kuplovej pece, teda po sekundárnej tavbe. Svedčí o tom nízky obsah troskových inklúzií v mikroštruktúre. Štruktúra a zloženie odliatku zodpovedajú bežnej technológii, používanej v dobe jeho vzniku.

P335 Hranovnica

Fragment liatinového náhrobného kríža.

Fragment predstavuje dlaň s prstami (s hrúbkou cca 10 mm) s jemnozrným lomom. Perlitická sivá liatina s červíkovitým, lokálne lupienkovým grafitom a steaditom, s prítomnosťou sulfidov.

Náhrobok bol odlievaný pravdepodobne z kuplovej pece, teda po sekundárnej tavbe. Svedčí o tom nízky obsah troskových inklúzií v mikroštruktúre. Štruktúra a zloženie odliatku zodpovedajú bežnej technológii, používanej v dobe jeho vzniku.

P336 Hranovnica

Fragment liatinového náhrobného kríža.

Fragment v tvare ruky s maximálnou hrúbkou 10 mm s jemnozrným lomom. Feriticko-perlitická sivá liatina s pavúčikovým, lokálne vločkovým grafitom a steaditom, prítomnosť sulfidov.

Náhrobok bol odlievaný pravdepodobne z kuplovej pece, teda po sekundárnej tavbe. Svedčí o tom nízky obsah troskových inklúzií v mikroštruktúre. Štruktúra a zloženie odliatku zodpovedajú bežnej technológii, používanej v dobe jeho vzniku.

P337 Hranovnica

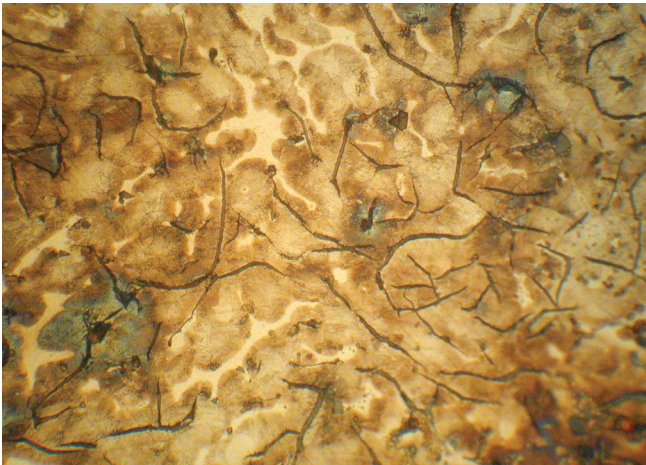
Fragment nedatovaného liatinového náhrobného kríža v tvare poloblúka, ktorého obe ramená ukončujú výbežky (prsty?) s hrúbkou 10 mm s jemnozrným lomom. Feriticko-perlitická sivá liatina s pavúčikovým, lokálne vločkovým prípadne červíkovitým grafitom a steaditom, prítomnosť sulfidov.

Náhrobok bol odlievaný pravdepodobne z kuplovej pece, teda po sekundárnej tavbe, svedčí o tom nízky obsah troskových inklúzií v mikroštruktúre. Štruktúra a zloženie odliatku zodpovedajú bežnej technológii, používanej v dobe jeho vzniku.

P338 Hranovnica

Fragment zo spodnej časti nedatovaného liatinového náhrobného kríža (?) v tvare prerezávaného rastlinného ornamentu s rozmermi maximálnou hrúbkou 18 mm s jemnozrným lomom. Perlitická sivá liatina s červíkovitým grafitom a steaditom (obr. 2), potvrdená prítomnosť sulfidov.

Náhrobok bol odlievaný pravdepodobne z kuplovej pece, teda po sekundárnej tavbe, napriek tomu, že obsahuje viac častíc trosky ako ostatné vzorky. Štruktúra a zloženie odliatku zodpovedajú bežnej technológii, používanej v dobe jeho vzniku.



Obr. 2: Hranovnica, perlitická sivá liatina, steadit biele škvرنy; zväčšenie 500×

P352 Hranovnica

Fragment nedatovaného liatinového náhrobného kríža (?) s hrúbkou 7,5 mm. Feriticko-perlitická sivá liatina s pavúčkovitým, lokálne vločkovitým grafitom a sieťou steaditu, s prítomnosťou sulfidov. Náhrobok bol odlievaný pravdepodobne z kuplovej pece, teda po sekundárnej tavbe, napriek tomu, že táto vzorka obsahuje, v porovnaní s ostatnými, viac trosky. Štruktúra a zloženie odliatku zodpovedajú bežnej technológii, používanej v dobe jeho vzniku.

P353 Spišské Bystré

Fragment nedatovaného liatinového náhrobného kríža (?) v tvare plochej figúry bez hlavy s hrúbkou do 8 mm. Perliticko-feritická sivá liatina s malým obsahom feritu a s červíkovitým grafitom a sieťou steaditu, potvrdená prítomnosť sulfidov.

Náhrobok bol odlievaný pravdepodobne z kuplovej pece, teda po sekundárnej tavbe, svedčí o tom nízky obsah troskových inklúzií v mikroštruktúre. Štruktúra a zloženie odliatku zodpovedajú bežnej technológii, používanej v dobe jeho vzniku.

P354 Spišské Bystré

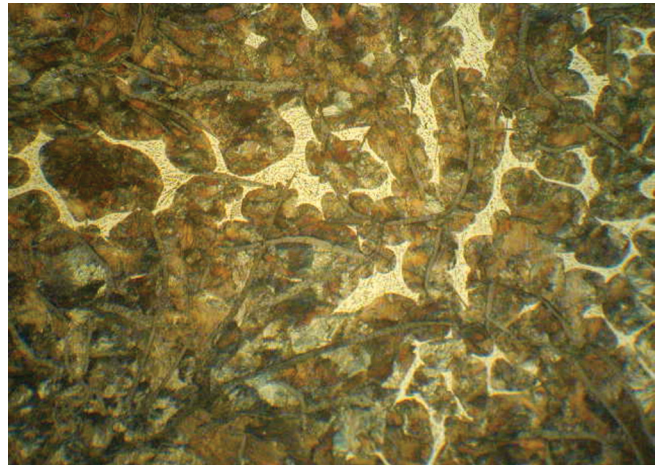
Fragment nedatovaného liatinového náhrobného kríža (?) v tvare plochej trojlokovvej „lalie“ s maximálnou hrúbkou 16 mm. Feriticko-perlitická sivá liatina s červíkovitým grafitom a steaditom, prítomnosť sulfidov.

Náhrobok bol odlievaný pravdepodobne z kuplovej pece, teda po sekundárnej tavbe, svedčí o tom nízka obsah troskových inklúzií v mikroštruktúre. Štruktúra a zloženie odliatku zodpovedajú bežnej technológii, používanej v dobe jeho vzniku.

P355 Spišské Bystré

Fragment nedatovaného liatinového náhrobného kríža (?) v tvare plochej tyče s hrúbkou 6,5 mm. Feriticko-perlitická sivá liatina s červíkovitým grafitom a steaditom, prítomnosť sulfidov.

Náhrobok bol odlievaný pravdepodobne z kuplovej pece, teda po sekundárnej tavbe, svedčí o tom nízky obsah troskových inklúzií v mikroštruktúre. Štruktúra a zloženie odliatku zodpovedajú bežnej technológii, používanej v dobe jeho vzniku.



Obr. 3: Švábolka, maková liatina. Biele škvرنy sú ledeburit, v menšej miere steadit; zväčšenie 500×

P359 (L1) Švábolka

Fragment nedatovaného liatinového náhrobného kríža. Maková liatina s červíkovitým grafitom a steaditom (obr. 3). „Maková“ liatina mohla vzniknúť aj z liatiny so zložením blízkom bielej liatine pri pomalom ochladzovaní robustného odliatku, alebo naopak.

Náhrobok bol odlievaný pravdepodobne z kuplovej pece, teda po sekundárnej tavbe, svedčí o tom nízky obsah troskových inklúzií v mikroštruktúre. Štruktúra a zloženie odliatku zodpovedajú bežnej technológii, používanej v dobe jeho vzniku (Fečková et al. 2006, 26; Fečková 2007).

P358 (L8B) Zlatno

Fragment nedatovaného liatinového náhrobného kríža (?). Eutektická biela liatina s obsahom sulfidov.

Fragment napriek zloženiu, ktoré svedčí skôr o novšom datovaní (minerálne palivo, ohrev vzduchu vo vysokej peci) má odliatok charakter bielej liatiny, charakteristickej pre staršie odliatky. Môže to byť dôsledok vyššieho obsahu karbidotvorného mangánu a zvýšenej rýchlosti ochladzovania odliatku (možno sa použila kovová forma). Nie je možné jednoznačne určiť, či bola použité priame odlietanie z vysokej pece, alebo sa použilo sekundárne tavenie v kuplovej peci (Fečková et al. 2006, 26; Fečková 2007).

P360 (L4B) Pohorelská Maša

Fragment nedatovaného liatinového náhrobného kríža. Maková liatina s červíkovitým, prípadne lupienkovým grafitom a steaditom. Analýza potvrdila nízky obsah sulfidov.

Náhrobok bol odlievaný pravdepodobne z kuplovej pece, ale je možné aj odlietanie priamo z vysokej pece. Nízky obsah sulfidov svedčí o staršej tavbe bez minerálneho paliva. Naopak, nízky obsah mangánu a vyšší obsah kremíka svedčia skôr o tavbe v „mladšej“ vysokej peci s ohrevom dúchaného vzduchu. Štruktúru liatiny do veľkej miery mohla ovplyvniť aj technológia formovania (Fečková et al. 2006, 26; Fečková 2007).

P361 (L10) Šumiac

Fragment nedatovaného liatinového náhrobného kríža. Maková liatina s červíkovitým grafitom a steaditom. Analýza potvrdila nízky obsah sulfidov (Fečková et al. 2006, 26; Fečková 2007).

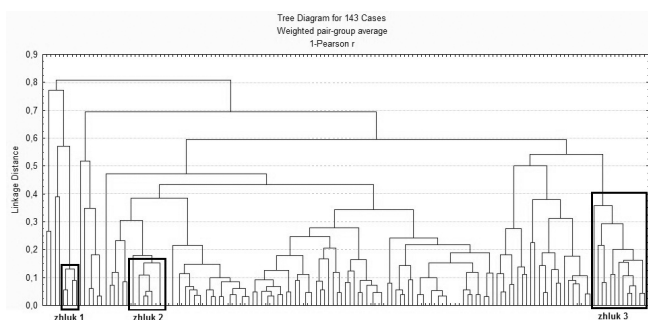
P362 (L6) Červená Skala

Fragment nedatovaného liatinového náhrobného kríža. Maková liatina s červíkovitým grafitom a steaditom, nízky obsah sulfidov (Fečková et al. 2006, 26; Fečková 2007).

P363 (L2A) Švábolka

Fragment nedatovaného liatinového náhrobného kríža. Maková liatina s červíkovitým grafitom a steaditom, nízky obsah sulfidov (Fečková et al. 2006, 26; Fečková 2007).

Vzájomný vzťah medzi sledovanými stopovými prvkami v niektorých vzorkách liatinových krížov a náhrobkov (tab. 2) a ďalších rovnako analyzovaných predmetov z železných zliatin (kujné železo, litina) sa vyhodnocoval na základe prítomnosti vedľajších a stopových prvkov s využitím zhukovej analýzy (Cluster analysis). Analyzovali sa železné vzorky z celého územia Slovenska. Použila sa metóda váženého priemeru párových skupín (weighted pair-group average, Pearson r), postup zhukovej analýzy detailne opisujú J. Halčinová, P. Trebuňa a O. Yim, K. Barlay (Halčinová – Trebuňa 2012, Yim – Barlay 2015). Na obr. 4 je dendrogram s vyznačenými „zhlukmi“ 1, 2 a 3 (obr. 5, 6 a 7). Každý „zhluk“ obsahuje liatinové náhrobky a k nim blízke železné predmety.

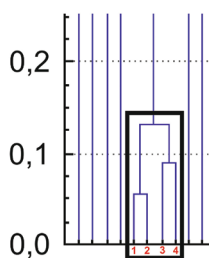


Obr. 4: Dendrogram

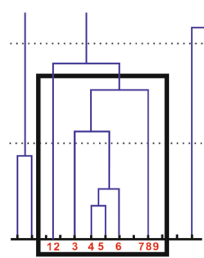
Zhluk 1

1. P362 (L6), náhrobok Červená Skala, maková liatina s redukovaným obsahom síry.
2. P358 (L8A), náhrobok Zlatno, biela liatina s obsahom síry.
3. P45, podkova Toporčik, asi 14. storočie, priamo redukované železo bez síry.
4. P47, kosák Kežmarok, asi 15. storočie, priamo redukované železo bez síry.

Zhluk sa výrazne odlišuje (na 80 %) od zhlukov 2 a 3. Ich náleziská sú blízko, biela a maková liatina svedčia o vyššej rýchlosti ochladzovania. Prítomnosť vzoriek P45 a P47 v zhluku je skôr náhodná (Fečková et al. 2006, 26; Fečková 2007; Petřík et al. 2003b).



Obr. 5: Detail zhluku 1



Obr. 6: Detail zhluku 2

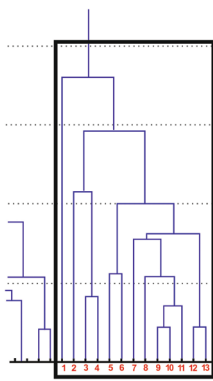
Zhluk 2

1. P88 (A320), zámok Levoča, 17. storočie, priamo redukované železo bez síry.
2. P87, priamo redukované železo, asi polotovar, Levoča, asi 15. storočie, bez síry.
3. P353, náhrobok Spišské Bystré, sivá liatina s obsahom síry.
4. P29, strelka (hrot šípu) Košice, asi 15. storočie, priamo redukované železo bez síry.
5. P95 železné dvere, Levoča, 17. storočie, priamo redukované železo bez síry.
6. P91, banské železko, Levoča, asi 18. storočie, priamo redukované železo bez síry.
7. – 9. P99, tri klince z Gelnice, 19. storočie, skujnené vysokopecné železo s obsahom síry.

Zhluk obsahuje iba jeden náhrobok, vzťahy s predmetmi z Levoče nemusia byť náhodné. Možný rovnaký zdroj rudy? Klince (P99) sú pravdepodobne zo železa z Krompách, kde mohol byť potenciálne odliaty aj náhrobok (Fečková et al. 2006, 26; Fečková 2007; Petřík et al. 2003a, Mihok – Petřík – Demková 2000).

Zhluk 3

1. P499, priamo redukované železo z Kráľovej Lehoty bez síry, 1. – 4. storočie AD.
2. P25, kosák Košice, asi 19. storočie, skujnené vysokopecné železo s obsahom síry.
3. P27 (A339) torzo pištole, Košice, 19. storočie, skujnené vysokopecné železo s obsahom síry.
4. P23, torzo pištole, Košice, 19. storočie, skujnené vysokopecné železo s obsahom síry.
5. P2, železná guľa (guľový mlyn), Košice, asi 19. storočie, skujnené vysokopecné železo (perlit) s obsahom síry.
6. P1, meč, Košice, 15. storočie, priamo redukované železo bez síry.
7. P361 (L10), náhrobok Šumiac, maková liatina s nízkym obsahom síry.
8. P360 (L4B), náhrobok Pohorelská Maša, maková liatina s nízkym obsahom síry.
9. P363 (L2A), náhrobok Švábolka, maková liatina s nízkym obsahom síry.
10. P335, náhrobok Hranovnica, sivá liatina s obsahom síry.
11. P334, náhrobok Hranovnica, sivá liatina s obsahom síry.
12. P354, náhrobok Spišské Bystré, sivá liatina s obsahom síry.
13. P62, sivá liatina s obsahom síry, Spišská Belá, asi 19. storočie.



Obr. 7: Detail zhluku 3

Obsahuje 6 náhrobkov, tri zo sledovanej a tri z horehronskej oblasti. Väčšina železných predmetov v zhluku je z vysokopecného skujneného železa so zvýšeným obsahom síry, datovaná najneskôr na koniec 19. storočia. Je možný rovnaký zdroj – železiarne v Pohorelej alebo Hronci (Fečková et al. 2006, 26; Fečková 2007; Petřík et al. 2000; Petřík – Mihok – Pavlarčík 2003).

ZÁVER

U väčšiny náhrobkov z priestoru Hranovnica – Spišské Bystré môžeme predpokladať väzby na horehronskú oblasť, a teda pôvod v železiarňach v Pohorelej alebo Hronci, teda na podniky vo vlastníctve Coburgovcov (Pohorelá) a možná aj erárny Hronec. Na sever a východ od Popradu vplyv Coburgovských podnikov, čo sa týka funerálnej liatiny, klesá. Nevyučuje to ani použitá technológia. U jedného náhrobku zo Spišského Bystrého (P353) je možný pôvod z Krompách. Čo sa týka mikroštruktúry, u náhrobníkov dominuje sivá liatina, s obsahom sulfidických zlúčenín (síry) a steaditu (fosforu). U niekoľkých vzoriek sa vyskytla maková (prechod sivá – biela liatina), prípadne biela liatina. Obe sú skôr dôsledkom sekundárneho (vyššia rýchlosť pri ochladzovaní odliatkov, napríklad vplyvom ich malej hrúbky) ako primárnej metalurgie, teda vysokopecného procesu. V dobe vzniku odliatkov sa už na Slovensku bežne používal ohrev vysokopecného vzduchu. Výsledkom bol vyšší obsah grafitotvorného kremíka v surovom železe s následnou tendenciou k jeho „sivému“ (nie „bielému“ pri vyššom obsahu karbidotvorného mangánu bez ohrevu vysokopecného vzduchu) charakteru. Väčšina odliatkov má vyšší obsah síry. Môže to byť dôsledkom použitia minerálneho paliva vo vysokopecnom procese alebo v procese sekundárneho tavenia (v kuplovej peci), prípadne oboch.

LITERATÚRA

- Bělová, J. 2011: Funerální litina ve Střední Evropě. Univerzita Karlova v Praze, Katolická teologická fakulta, Praha.
- Fečková, P. et al. 2006: Analýza umeleckých odliatkov v regióne coburgovských železiarní. In: *Metalurgia Junior*, Košice, s. 26.
- Fečková, P. 2007: Výskum hutníckych aktivít rodiny Coburgovcov na Slovensku, dizertečná práca, Košice.
- Futáš, P. et al. 2020: Liatiny. Vlastnosti, výroba, použitie TU Košice.
- Grolich, V. 1991: Blanenská umělecká litina. Muzejní a vlastivědná společnost v Brně, Okresní muzeum Blansko.
- Grutková, J. – Rodziňáková, O. 1974: Metalografické praktiká, Alfa Bratislava.
- Halčinová, J. – Trebuňa, P. 2012: Cluster analysis in the software statistica. The 15th international scientific conference: Trends and innovative approaches in business processes. s. 1–5.
- Janota, I. 1998: Rožňavské liatinové náhrobky. s. 12.
- Krawczyk, J – Pacyna, J. 2009: Effect of the cooling rate on the mottled cast iron microstructure designed for the mill rolls. *Metallurgy and foundry engineering*. Vol. 35, No. 2, s. 101–110. DOI: <https://doi.org/10.7494/mafe.2009.35.2.101>
- Krawczyk, J. 2011: Microstructure and tribological properties of mottled cast iron with different chemical composition. *Archives of Materials Science and Engineering*, Vol. 51, No. 1, s. 5–15.
- Mihok, L. – Petřík, J. – Demková, D. 2000: 19th century production of iron nails in Spiš, Slovakia. *Metalurgia*, Vol. 39, No. 4, pp. 271–274.
- Mihok, L. – Fečková, P. – Weiss, J. 2006: Funeral castings produced in Coburg works foundries in Slovakia, 19th century. *Archives of Foundry*, Vol. 6, No 20.
- Petrík, J. et al. 2003a: Archeometalurgická analýza železných predmetov z Levoče. *Východoslovenský pravek VI*, s. 211–228.
- Petrík, J. et al. 2003b: Archeometalurgická analýza železných predmetov z Kežmarku a okolia. *Východoslovenský pravek VI*, s. 229–242.
- Petrík, J. – Mihok, L. – Pavlarčík, S. 2003: Analýza trosiek zo železnej huty v Javorine. In: *Archeologia technica 14*. Technické múzeum v Brně. s. 9–13.
- Petrík, J. – Mihok, L. 2008: *História hutníctva*. Košice.
- Petrík, J. – Moravčíková, L. 2006: Stanovenie síry v muzejných artefaktoch. In: *Múzeum*, r. 52, č. 4, s. 7–10.
- Petrík, J. et al. 2000: Archeometalurgický rozbor niektorých železných predmetov zo zbierok Východoslovenského múzea. *Historica Carpatica*, 29–30/99, Východoslovenské múzeum, Košice, s. 79–120.
- Purš, J. et al. 1984: *Dějiny hutnictví železa v Československu*, I, Academia Praha. s. 174.
- Pusztai, L. 1978: *Magyar öntöttvas művészég*. Budapest.
- Rasl, Z. 1980: *Decorative cast ironwork* Národní technické muzeum Praha. s. 145.
- Šarudyová, M. 1989: *Topografia železiarní na Slovensku v 19. storočí*. Košice.
- Šlesár, M. – Vondrášek, V. 1965: *Metalografia*. Bratislava.
- Tibenský, J. et al. 1986: *Priekopníci vedy a techniky na Slovensku I*. Obzor Bratislava. s. 247.
- Tylecote, R. F. 1992: *A history of metallurgy*. The institute of materials. London.
- Yim, O. – Barlay, K. 2015: Hierarchical Cluster Analysis Comparison of Three Link-age Measures and Application to Psychological Data, In *The Quantitative Methods for Psychology*, Vol. 11, No. 1, pp. 8–21. DOI: 10.20982/tqmp.11.1.p008
- Žáček, R. 2004: *Dějiny Slezska v datech*. Libri Praha. s. 214.

PETER ROTH, *Terra Antiqua, Karadžičova 8/A, 821 08 Bratislava; info@archo.sk*

JOZEF PETRÍK, *Technická univerzita v Košiciach, Fakulta, materiálov, metalurgie a recyklácie. Letná 9, 04200, Košice; jozef.petrík@tuke.sk*

PETER BLAŠKO, *Ústav materiálov a inžinierstva kvality; Letná 9, 042 00 Košice*

Adresář autorů

Ing. Peter Blaško, Ph.D.

Ústav materiálů a inženýrstva kvality
Letná 9
042 00 Košice

Mgr. Martin Černý

Středočeské muzeum v Roztokách u Prahy
Zámek 1, 252 63 Roztoky
cerny@muzeum-roztoky.cz

Mgr. Petr Gadas, Ph.D.

Masarykova univerzita, Přírodovědecká fakulta,
Ústav geologických věd
Kotlářská 267/2
602 00 Brno
gadas@sci.muni.cz

Mgr. Michal Hlavica, Ph.D.

Archeologický ústav AVČR, Brno
Čechyňská 363/19, 602 00 Brno
hlavica@arub.cz

Mgr. Michael Kamarád

Masarykova univerzita, Filozofická fakulta,
Ústav archeologie a muzeologie
Arna Nováka 1, 602 00 Brno
542172@mail.muni.cz

Mgr. Ondřej Merta

Technické muzeum v Brně
Purkyňova 105, 612 00 Brno
merta@tmbrno.cz

Mgr. Petr Nový

Středočeské muzeum v Roztokách u Prahy
Zámek 1, 252 63 Roztoky
novy@muzeum-roztoky.cz

Doc. Ing. Jozef Petřík, Ph.D.

Technická univerzita v Košiciach,
Fakulta materiálů, metalurgie a recyklácie
Letná 9, 04200, Košice
jozef.petrik@tuke.sk

doc. PhDr. Rudolf Procházka, CSc.

Archeologický ústav AVČR, Brno
Čechyňská 363/19, 602 00 Brno
prochazka@arub.cz

prof. RNDr. Antonín Přichystal, DSc.

Masarykova univerzita, Přírodovědecká fakulta,
Ústav geologických věd
Kotlářská 267/2
prichy@sci.muni.cz

PhDr. Peter Roth, Ph.D.

Terra Antiqua
Karadžičova 8/A, 821 08 Bratislava
info@archo.sk

Mgr. David Tuma, Ph.D.

Národní památkový ústav, územní odborné pracoviště v Plzni
Prešovská 7, 306 37 Plzeň,
tuma.david@npu.cz

Zdeněk Vaindl

Dobřívská 187, 338 43 Mirošov
zdenekvaindl@cbox.cz