Charakteristika strusek ze zahloubeného objektu z doby lokace města Uničova

Rešeršní část bakalářské práce

Mgr. Martin Moník

Vedoucí práce: RNDr. Václav Vávra, PhD.

Obsah:

1. Úvod 3

2. Okolnosti archeologického výzkumu 3

3. Středověké strusky 5

3.1. Dýmařské strusky (Bloomery slags) 5

3.2 Strusky z výroby mědi 7

3.3 Strusky ze zpracování železa (Iron-working slags) 7

3.4 Vysokopecní strusky 9

3.5 Strusky z výroby stříbra a olova 9

3.6 Strusky ze stěn výrobních objektů 11

3.7 Sklářský odpad 11

4. Poznámka k výskytu rud v okolí Uničova 12

5. Slovníček pojmů: 14

5. Literatura: 15

Seznam obrázků:

Obrázek 1: Pozice archeologických sond na Masarykově náměstí s označením sondy 5 4

Obrázek 2: Jižní stěna sondy 5 5

Obrázek 3: Morfologie krystalů olivínu na základě rychlosti tuhnutí taveniny. Vpravo struktury ve středověkých struskách z okolí Příbrami (převzato z Ettlera et al. 2009) 12

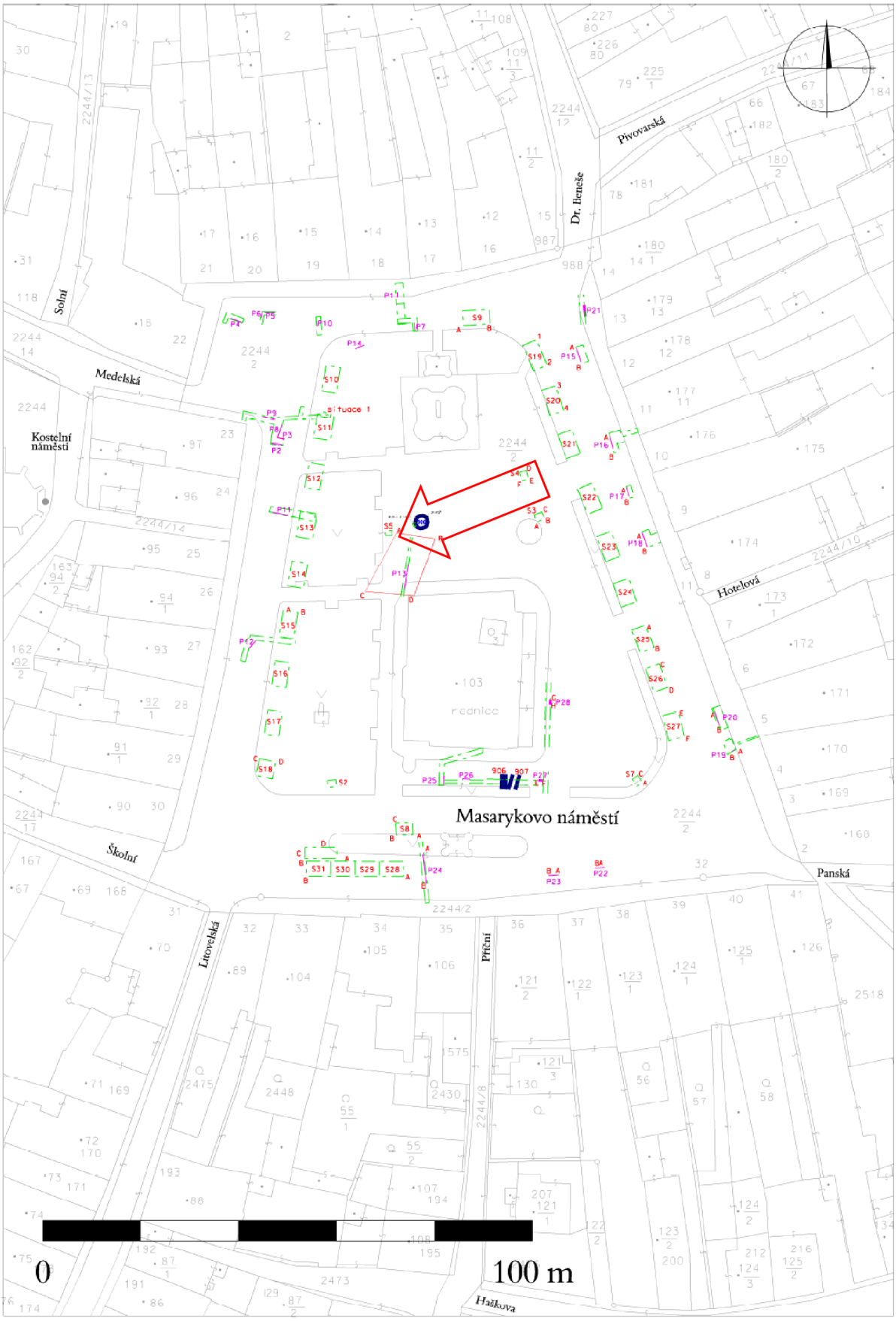
1. Úvod

Tato rešeršní práce je zaměřena na okolnosti záchranného archeologického výzkumu v Uničově, při kterém byly získány strusky pro budoucí analýzu výbrusů, dále na výčet typů strusek, které lze najít zejména při výzkumu středověkých objektů, a na porovnání nálezů s obdobnými nálezy z území České Republiky.

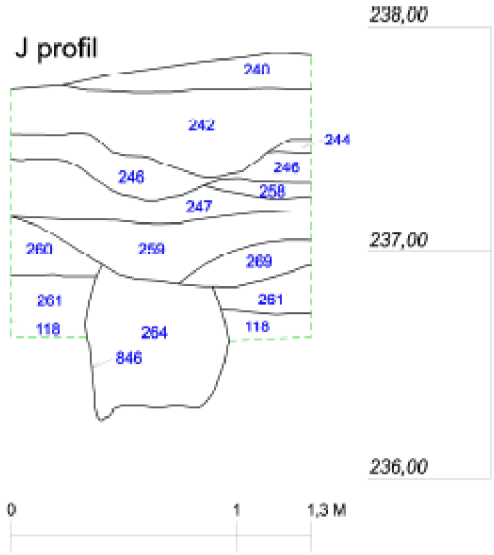
2. Okolnosti archeologického výzkumu

Město Uničov patří k našim nejstarším městům a jako město je také písemně uvedeno již roku 1223, kdy uplynulo deset let od jeho založení (Žemlička 2002; Hoffman 2009). V roce 2009 ve městě proběhl záchranný archeologický výzkum, konkrétně v samém historickém jádru na Masarykově náměstí. Provedl jej NPÚ Olomouc za vedení Pavla Šlézara a Ladislava Kaisera. Na náměstí bylo provedeno několik archeologických sond, které v některých případech zasáhly až na kvartérní říční sedimenty, ve kterých již antropogenní zásahy nebyly zaznamenány. Nálezová zpráva z výzkumu je dosud ve stadiu zpracování.

Strusky byly nalezeny v sondě 5, ležící mezi radnicí a městskou kašnou (obr. 1), a to ve vrstvě 261 a mladším objektu 846 (obr. 2), do kterého byly pravděpodobně sekundárně přemístěny. Statigrafická jednotka 261 nasedala na zřejmě kvartérní říční sediment 118, představující archeologické podloží. Kromě značného množství struskových fragmentů v ní byly nalezeny keramické fragmenty datované do 13. století (P. Šlézar – osobní sdělení). Celá vrstva, pokračující všemi směry i mimo sondu 5, byla pracovníkem NPÚ Ladislavem Kaiserem předběžně interpretována jako zpevnění terénu odpadním materiálem. Struska byla k těmto účelům skutečně používána, jak napovídají například četné nálezy ze středověkého Brna (Merta, Peška 2002).



Obrázek 1: Pozice archeologických sond na Masarykově náměstí s označením sondy 5



Obrázek 2: Jižní stěna sondy 5

3. Středověké strusky

Strusky jsou vedlejším produktem technologických procesů, při kterých dochází ke vzniku převážně silikátové taveniny. Níže uvádím ty strusky, které je možné najít při archeologických výzkumech, se zaměřením na archeologii středověku.

Strusky lze pozorovat ve výbrusech jak v procházejícím, tak odraženém světle pod polarizačním mikroskopem. Procházející světlo je lepší na identifikaci minerálů dle jejich optických vlastností, ale odražené světlo je vhodnější pro určení méně zastoupených, diagnostických prvků (Gordon 1997). Prvkové složení strusek lze analyzovat elektronovým mikroskopem (SEM), elektronovou mikrosondou (EPMA), rentgenovou difrakční metodou (XRD), rentgenovou fluorescenční analýzou (XRF) i jinými instrumentálními a spektrometrickými analýzami. Pro určování provenience rud je zásadní především izotopová analýza $^{206}Pb/^{204}Pb$, jelikož poměr izotopů olova se nemění při tavbě, přechodu prvků z rudy do kovu, ani recyklaci kovů (Baron et al. 2009, Hauptmann 2007).

3.1. Dýmařské strusky (Bloomery slags)

Nejrozšířenějšími středověkými železářskými struskami jsou ty pocházející z hutnění železa dýmařským procesem (bloomery; Pleiner 2000), jehož výsledkem byla produkce železné lupy (bloom), která byla dále kovářsky zpracovávána. Přímá redukce kovu z rudy probíhala v dýmařských pecích různých typů, které se většinou až v raném novověku vyvinuly ve vysoké pece pro nepřímou výrobu železa. U nás je tento přechod datován až na přechod 16. a 17. století (Stránský et al. 2005). Část strusky obvykle dostala i do železné lupy a pokud přežila i následné kovářské zpracování, mohla se dostat i do výsledných železných produktů (Stránský et al. 1995; Buchwald, Wivel 1998).

Dýmařská struska je obvykle hnědočerná směs rudní hlušiny a neredukovaných oxidů železa, jejíž složení je někdy ovlivněno i reakcemi se stěnami pece a dřevěnými uhlíky. Obvykle se nalézá v blízkém okolí kovozpracovatelských areálů, či přímo ve výrobních objektech (např. Geisler, Malý 2006). Pokud vznikla „odpichem“, tj. vypuštěním z pece bočním kanálem v tekutém stavu, obsahuje více skelné hmoty a na jejím povrchu jsou patrné textury dokládající tečení taveniny. Naopak tzv. pecní struska, která utuhla na dně pece, je spíše hroudovitá, s nepravidelným povrchem a s kousky uhlíků a redukovaného kovu. Magnetická susceptibilita dýmařských strusek bývá relativně nižší, než u kovářských (viz níže). Ve Žďáru nad Sázavou se pohybovala kolem devíti jednotek SI (Geisler, Malý 2006).

Z hlediska prvkového složení je v dýmařských struskách nejvíce obsažen FeO (40–70 %; Pleiner 2000). Čím větší je množství FeO ve strusce, tím menší byla efektivita redukčního procesu (např. Petrík et al. 2008). Méně bývá zastoupen Fe_2O_3 (0–15 %), buď jako neredukovaná ruda, nebo jako výsledek zvětrávání strusky. Z dalších příměsí je signifikantní SiO_2 (15–40 %) a CaO (2–8 %), někdy se vyskytuje i Al_2O_3 (1–6 %), pocházející buď z hlušiny, nebo kontaktu taveniny se stěnou pece. Z hlušiny či paliva pak pochází obsahy MgO (0,5–3 %), MnO (obvykle 1–3,5 %) a P_2O_5 (0,75–1,5 %). V železářské strusce se obvykle nevyskytuje Ni ani Cu, které bývají absorbovány vzniklým kovem.

Mineralogicky jsou výše zmíněné prvky ve struskách většinou vázané v silikátech (Pleiner 2000). Klíčovým struskovým minerálem je fayalit (Fe_2SiO_4), jevící se ve výbruse jako šedé jehličky, lišty, či tlusté krystaly. V případě zvýšeného obsahu Ca se fayalit mění na kirschsteinit ($CaFeSiO_4$) i monticellit ($CaMgSiO_4$). Zvýšené hodnoty Ca a Mn mohou souviset s jejich záměrným přidáváním do vsázky za účelem redukce síry v pyritové rudě (Petrík et al. 2008), či pro snížení teploty tvorby tekuté strusky pomocí oxidu vápenatého (Podliska, Zavřel 2006). V méně zastoupené skelné fázi, tvořené opět převážně železitými silikáty (Pleiner 2000), se objevují i pyroxeny hedenbergit ($CaFeSi_2O_6$), diopsid ($CaMgSi_2O_6$) a (pseudo)wollastonit ($CaSiO_3$), živce jako leucit ($KAlSi_2O_6$) a anortit ($CaAl_2Si_2O_8$).

U strusek bohatých fosforem se objevuje vivianit (Fe_3PO_4). Zvýšené obsahy fosforu (Fe_3P) se objevují i v železných houbách, získaných sléváním bahenních rud. Je to příklad houby nalezené v osadě Polom v Moravském krasu (Merta, Hošek 2007), kde autoři uvažují o hutnické malovýrobě v době nouze. Rovněž železné hřeby z Bystřice pod Pernštejnem z přelomu 16. a 17. století obsahují pásma bohatá fosforem (Stránský et al. 2005). Pro 10. – 13. století se ovšem z kovozpracovatelského areálu ve Žďáru nad Sázavou (Geisler, Malý 2006) uvádí i záměrné využívání fosforu při výrobě mečových a nožířských produktů (Hošek et al. 2007).

Z oxidů se ve struskách objevuje hercynit ($FeAl_2O_4$) u strusek bohatých Al; častější je magnetit (Fe_3O_4) v podobě kubických či hranatých krystalů a dendritů. Oxidací, zřejmě po vyjmutí z pece, vzniká i jehličkovitý hematit (Fe_2O_3) a goethit (FeOOH). Přítomnost wüstitu ve formě globulárních

krystalů či dendritů, může napovědět o efektivitě hutnického procesu. Např. vysoké obsahy v rozmezí 40–60 % svědčí o malé efektivitě, ačkoliv wüstit zároveň snižoval viskozitu strusky a usnadňoval její oddělení od kovové houby (Pleiner 2000). Konečně mohou být ve strusce obsaženy i kusy železa a křemenná zrna ze stěn pece.

3.2 Strusky z výroby mědi

Pleiner (2000) stručně uvádí, že jsou dosti podobné těm vzniklým při redukci železných rud s obsahem fayalitu, wüstitu, magnetitu a skelné fáze. Obsahy mědi a olova jsou podle něj malé (0,5–3 %) a v minerálních fázích vystupují spolu se železem (chalkopyrit), které bylo při jejich zpracování přidáváno do vsázky jako struskotvorná přísada.

Podrobnější rozbory ale ukazují na podstatnější rozdíly mezi struskami z výroby mědi a železa. Ty, které pocházejí z prostředí, kde bylo dosahováno maximálně teplot 1100–1300 °C a tavba probíhala v oxidačním prostředí v keramických tyglících, nemusí obsahovat fayalit (Hauptmann 2007). Z Fe-silikátů pak bývá přítomen pouze Fe-bohatý diopsid, doprovázený skelnou hmotou a oxidy Fe a Cu, jmenovitě magnetitem, kupritem a delafossitem. Z výzkumů lokalit v italských Alpách je rovněž patrné, že stejně jako u železářské výroby je i zde třeba rozlišovat mezi pecní a odpichovou struskou (Tumiati et al. 2005). Obě mají nepravidelný povrch a obvykle obsahují uzavřeniny uhlíků a neroztavených klastů mateřské horniny. Oxidací se na jejich povrchu vytváří barevné povlaky chrysokolu, brochantitu a hydroxidů železa (Tumiati et al. 2005). Odpichová struska je dále charakteristická hladkým povrchem a šedo-fialovou barvou. Ze silikátů je v obou typech strusek zastoupen olivín a v odpichové strusce i skelná fáze. Oxidy reprezentuje wüstit a pevný roztok hercynit-spinel ($FeAl_2O_4$ – $MgAl_2O_4$), sulfidy pak bornit, anilit (Cu_7S_4), troilit (FeS) a chalkozín (Cu_2S). Ve struskové matrix se objevují i drobná zrníčka slitiny Cu/Cu+Fe, někdy asociovaná s chalkozínem a kupritem. Relikty prakticky čisté mědi se objevují i v neevropských středověkých struskách (Maldonado, Rehren 2009).

Z našeho území jsou doklady středověké produkce mědi (či bronzu) vzácnější. Na území Prahy byla v Klementinu objevena měděná ruda pocházející z Blanické brázdy (Podliska, Zavřel 2006), při výzkumu na Náměstí republiky byly rovněž objeveny zlomky cínové rudy – kasiteritu. Oba nálezy byly učiněny v blízkosti pecí na výrobu bronzu. Zmíněné jsou i doklady výroby stříbra, mědi a olova v pražské ulici Na Slupi (tamtéž).

3.3 Strusky ze zpracování železa (Iron-working slags)

Tyto typy strusek pocházejí z procesů rafinace, ohřívání a kování železa, tj. z procesů zpracování již hotové železné lupy, nebo výroby železných artefaktů (Pleiner 2006). Struska pochází jednak z pórů samotné lupy, odkud je kovářem vytlačována palicí, jednak vzniká při výrobě železných předmětů. Při ohřevu kovu v kovářské výhni vznikají na povrchu artefaktu oxidy železa, které je třeba

odstranit. Kovář povrchovou vrstvu prostě otloukl na kovadlině, kdy vznikly tzv. okuje (hammer scales), nebo právě kovářská struska, kdy ještě předtím posypal kov pískem, hlínou, či popelem (Pleiner 2006). Ta se hromadí buď pod výfučnou kovářské výhně, nebo v širším okolí kovadliny. Jedná se tak buď o tzv. struskový koláč (slag cake, calotte), obvykle oválného tvaru a s konvexním dnem, někdy se zbytky žáruvzdorného materiálu ze stěny pece, nebo i amorfní kusy strusky (Pleiner 2006). Struska je matná, bez lesku, s velkým množstvím uhlíků a s vyšší magnetickou susceptibilitou (26 x 10^{-3} SI uvádějí Geisler, Malý 2006). Povrch bývá pokryt povlaky limonitu v různých odstínech hnědé (Malý, Zapletalová 2007), sklovitý povrch je spíše výjimečný. Na řezu je struska značně pórovitá, jako uzavřeniny obsahuje zbytky uhlíků z výhně, které bývají někdy rovněž zbarveny limonitem, a bílé fragmenty křemene. Limonit se vytváří i jako lem pórů a trhlin.

Mineralogickým i chemickým složením bývá velmi podobná hutnickým struskám, ačkoliv geneze minerálů je zde odlišná: zatímco u slévárenských strusek pochází SiO_2 z hlušiny, u post-redukčních strusek má původ v písku či hlíně, kterou je železný předmět posypáván (Pleiner 2006). Obvykle tak opět převažuje fayalit s wüstitem, přičemž wüstit by měl být relativně více zastoupen, než u dýmařských strusek (Gordon 1997). Poměrně běžná je také izotropní sklovitá fáze různých barev (Malý, Zapletalová 2007). Ve struskách ze dna kovářských výhní, kde docházelo ke kontaktu s žáruvzdornými jíly a popelem, se někdy objevují i krystaly iscoritu ($Fe_5Fe_2SiO_{10}$), kirschsteinitu ($CaFeSiO_4$), monticellitu ($CaMgSiO_4$) a ferro-åkermanitu ($Ca_2FeSi_2O_7$). Pro rozlišení strusek ze zpracování železa od strusek hutnických je obvykle nutné přihlédnout k tvaru kovových hrud, v tomto případě např. plankonvexním koláčům, a k nálezovým okolnostem.

Kovářská činnost často probíhala přímo v urbánních centrech (Pleiner 2006, Podliska, Zavřel 2006), kde se již od středověku objevují univerzální kovářsko-kovolitecké dílny, zpracovávající jak železo, tak barevné kovy (Nováček 2001). Kovářské strusky z 11. – 12. století byly objeveny např. při archeologickém výzkumu v nemocnici Milosrdných bratří v Brně (Malý, Zapletalová, 2007). Od hutnických byly odlišeny až po zhodnocení nálezových okolností (přítomnost kovářských okují, absence železných rud, relativně malé množství strusky) a pomocí škály instrumentálních analýz. Z areálu Staré Radnice v Brně pochází odpad z mladší kovářské výroby (Stránský et al. 1994), datované do 2. poloviny 13. století. Z počátku téhož století byl rovněž v Brně zjištěn zřejmě kovářský areál na Náměstí Svobody (Merta, Peška 2002), také s hojným struskovým odpadem.

Rovněž na území mezi Pražským hradem a Vyšehradem se mezi devátým a 1. polovinou 13. století silně koncentrovala hutnická i kovářská výroba (Havrda et al. 2001; Podliska, Zavřel 2006). Kov, se kterým pražští kováři pracovali, byl zřejmě výsledkem zpracování jak ordovické sedimentární železné rudy barrandienu, tak železných rud české křídové pánve a rud kvartérních. Kovozpracovatelský areál s množstvím struskového odpadu byl odhalen například pod dnešním Anežským klášterem, postaveným roku 1234 (Havrda et al. 2001). Podobné areály, vázané většinou na

vodní tok (Havrda et al. 2001), byly v 80. a 90. letech 20. století odkryty na desítkách dalších míst na Starém Městě pražském a v menší míře na Malé Straně. Strusky jsou zde běžným nálezem a někdy se jejich haldy rozprostírají na ploše až několika set m^2, jindy vyplňují rozměrné jámy. S dozráváním předlokační aglomerace v město a s lokací Starého Města roku 1257 dochází k periferizaci kovodělné výroby a jejímu situování mimo městské jádro (Havrda et al. 2001).

3.4 Vysokopecní strusky

Jedná se již většinou o post-medievální vedlejší produkty po hutnění železa, s nízkým obsahem kovové složky. Obvykle obsahují více vápníku, který při hutnickém procesu, za teplot 1300–1500 °C, vázal hliník a síru a odváděl je právě do strusky (Pleiner 2000). Mineralogicky jsou tyto strusky složené z wollastonitu, pyroxenů, merwinitu, melilitu a forsteritu, s kapičkami železa (též Gregerová 1996).

3.5 Strusky z výroby stříbra a olova

Při výrobě stříbra vzniká struska jednak při tzv. vytavování kamínku, jednak při redukci oxidů na volné kovy (Vaněk, Velebil 2007). Vytavování kamínku bylo tavení sulfidické rudy (PbS, ZnS, $CuFeS_2$ apod.), nejčastěji za přítomnosti pyritu (přirozeného či záměrně přidaného) a struskotvorných přísad (křemene). Tím došlo k přechodu železa do strusky a zvyšování podílu Cu_2S v kamínku. Po pražení sulfidů (zbavování síry) mohlo dojít k tavbě pražené rudy či praženého kamínku. Ty byly do vsázky vloženy společně s uhlím, křemenem na vyvázání zbylého Fe, nístějovinou, starou struskou jako tavivem apod. Do strusky pak přešla většina Fe a část Zn a Pb ve formě silikátů, na druhé straně vzniklo stříbrem nebohacené olovo. Oba prvky byly poté odděleny kupelací – v ideálním případě bylo tak získáno ryzí stříbro a jako vedlejší produkt oxid olovnatý, neboli klejt (Vaněk, Velebil 2007, Baron et al. 2009).

Při rozboru strusek ze 13. století, vzniklých při výrobě stříbra u Bohutína (okr. Příbram), rozlišují Ettler et al. (2009) dvě hlavní kategorie. Jde jednak o uhašenou (quenched) strusku se sklovitou strukturou a hrudkami neroztavené hlušiny a jednak o krystalizovanou strusku s menším podílem sklovité hmoty. Oba typy bývají zbarvené tmavě šedě až černě. Z hlediska prvkového složení bývá nejčastěji zastoupen SiO_2 (27,02–54,6 %), FeO (2,65–33,97 %) a PbO (3,00–34,38 %). Uhašené strusky bývají při porovnání s krystalickými struskami bohatší na SiO_2 a PbO a chudší na FeO. Z méně zastoupených prvků se objevuje Al_2O_3 (3,31–11,11 %), CaO (0,45–5,27 %), Fe_2O_3 (0,57–6,81 %), MnO (0,09–8,95 %) a ZnO (0,43–6,23 %). Obsah stříbra je v těchto struskách obecně malý (obvykle <1 %; Ettler et al. 2009).

V porovnání s hutněním železa dýmařským procesem tak strusky z výroby stříbra obvykle obsahují podstatně méně FeO, naopak bývají bohatší na SiO_2 a zejména na PbO (tab. 1). Olovo by

mělo být zjistitelné i ve výbrusech, neboť kromě skelné fáze je obsaženo i v novotvořeném galenitu (viz níže; Ettler et al. 2009).

Složení strusek z dýmařského hutnění železa a z hutnění stříbra ve středověku		
Prvek	Dýmařská struska (%)	Stříbrná struska (%)
FeO	40-70 %	2,65-34 %
SiO_2	15-40 %	27-54,5 %
PbO		3-34,5 %
Al_2O_3	1-6 %	3,31-11%
CaO	2-8 %	0,5-5,5%
Fe_2O_3	0-15 %	0,5-7%
MnO	1-3,5%	0,1-9%
ZnO		0,5-6%
MgO	0,5-3%	
P_2O_5	0,75-1,5%	0,1-1%

Tabulka 1: Porovnání celkového složení dýmařských strusek a strusek z výroby stříbra (zaokrouhleno). Dle Pleinera (2000) a Ettlera et al. (2009)

Z hlediska textury a mineralogického složení převažuje v uhašené strusce skelná fáze spolu s residuálními zrny křemene/cristobalitu, živce, galenitu a metalického olova. U krystalizovaných strusek je skelná fáze rovněž hojná, je ale více zastoupen olivín (především fayalit), pyroxeny a živce (Ettler et al. 2009). Krystaly olivínu jsou opět kostrovitého, lištovitého, nebo tabulkovitého tvaru, mohou také tvořit peříčkovité dendrity ve skelné hmotě. Pyroxeny vystupují buď jako malá zrna v krystalických struskách, nebo jako hvězdicovité krystaly v uhašené hmotě, v sousedství natavených krystalů živců. V řadě wollastonit-klinoenstatit-klinoferrosilit převládá posledně jmenovaná, Fe-bohatá fáze. V silikátové matrix se dále vyskytují inkluze sulfidů. Jedná se o kostrovité krystaly pyrhotinu (FeS), Fe-sphaleritu ((Zn,Fe) S) a galenit (PbS) prorůstající s Cu-Fe sulfidy chalkozínem (Cu_2S) a chalkopyritem ($CuFeS_2$).

Zajímavé jsou výpočty indexu viskozity (obdobný je „Modul zásaditosti“ (Gregerová 1996)) pro historické strusky dle vzorce v.i. = (CaO+MgO+MnO+FeO+PbO+ZnO)/SiO2+Al_2O_3). Čím vyšší poměr viskózních elementů (SiO_2, Al_2O_3), tím větší byla úspěšnost kovovýrobců při oddělování kovové a silikátové fáze (Ettler et al. 2009). O podmínkách tavby dále svědčí neroztavené relikty křemene a živců ve skelné hmotě, které ukazují buď na nedostačující teplotu, nebo na příliš krátkou dobu tavby.

Z mikroskopické struktury strusek lze usuzovat i na rychlost ochlazování taveniny (Ettler 2009). Zatímco krystalizační sekvence olivín → sklo svědčí spíše o rychlém tuhnutí, pomalý režim chladnutí vytváří řadu spinel → olivín → pyroxen → sklo. Morfologie olivínů ukazuje rovněž na rychlost tuhnutí, jak již ukázaly jejich analýzy v bazaltech. Při rychlém ochlazení se vytvářejí dendrity, při pomalejším pak řetězcovité tvary a lišty. Pouze při pomalém tuhnutí se pak formují automorfně omezené krystaly (obr. 3).

Oproti dřívějším rozdělením na strusku pecní a odpichovou, tj. vypuštěnou z pece během tavby otvorem ve stěně, se podle Ettlera et al. (2009) zdá pravděpodobnější, že tzv. pecní struska je spíše indikátorem pomalejšího tuhnutí většího množství strusky, zatímco „odpichová“ struska je výsledkem rychle ochlazené (uhašené) taveniny při kovovýrobě menšího rozsahu. Podle mého názoru jde spíše o akademický problém – bez přihlédnutí k nálezovým okolnostem nebude nikdy možné o strusce s „tekoucí“ strukturou říci, zda šlo o strusku odpichovou, či jiným způsobem rychle utuhlou.

Při výrobě stříbra někdy dochází ke vzniku skelné barevné hmoty s vyšším podílem Pb (Podliska, Zavřel 2006). Ani zde však není možné její odlišení od záměrně vyráběného barevného skla, glazury, či spečené stěny pece na tavbu olověných rud bez podrobnějších analýz a přihlédnutí k nálezovým okolnostem.

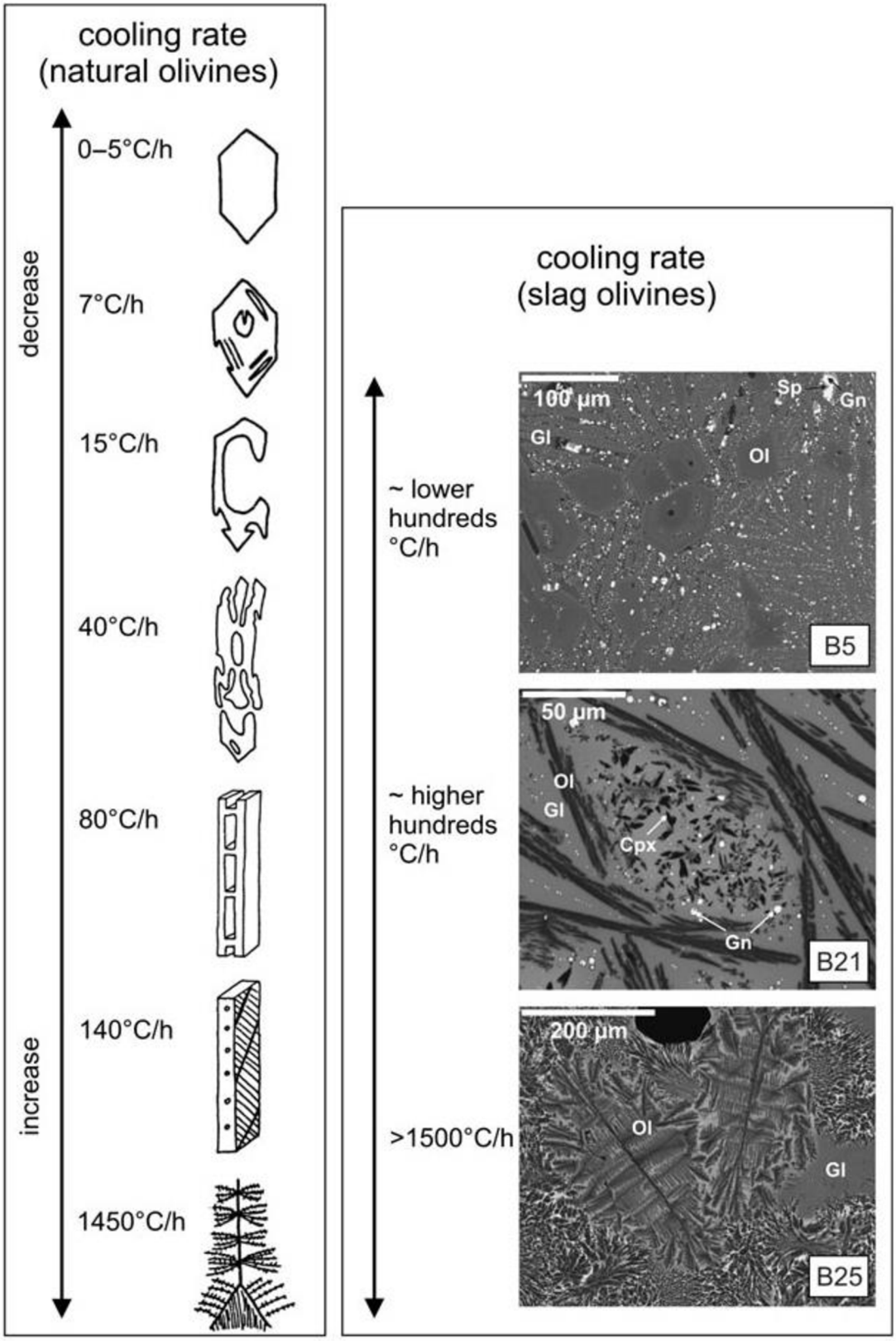
Nálezy ze středověkého Brna ukazují, že ke zpracování stříbra docházelo i mimo oblasti primárního výskytu stříbrných rud. Na náměstí Svobody bylo v objektu ze 13. století objeveno několik tyglíků se stopami stříbra a zlata na vnitřní straně (Hložek et al. 2006). Tento nález zřejmě souvisí s místní šperkařskou dílnou.

3.6 Strusky ze stěn výrobních objektů

Tyto strusky mohou vzniknout prakticky při všech pyrotechnologických procesech, kdy dochází ke kontaktu taveniny se stěnou hliněného výrobního zařízení. Vypálené kusy hlíny pak na jedné straně nesou struskovou nataveninu, která může nést informaci o zpracovávaných materiálech (Podliska, Zavřel 2006). Pro zlomky strusek ze stěn pecí z železářské výroby jsou zmiňovány obsahy křemene, skla, plagioklasu a kusů ryzího železa (Geisler, Malý 2006). Charakteristické je vyšší množství SiO_2 a nižší magnetická susceptibilita.

3.7 Sklářský odpad

Při výrobě skla se používá křemenných písků či drceného křemene, do kterého se do vsázky přidává potaš (K_2CO_3), vápenec ($CaCO_3$) a někdy i struska ze železářské výroby. Odpad ze sklářské výroby (frita, skelné kapičky, zlomky sklářských pecí apod.) tak může připomínat strusku a občas je používán i termín „sklářská struska“. Skutečností ovšem je, že se s tímto výrazem u Drahotové (2005), Vondrušky (2002), ani v jiných odborných textech o sklářské výrobě (např. Casellato et al. 2005) nesetkáváme. Neskelný sklářský odpad se může svým vzhledem blížit struskám z výroby kovů, jak ale ukazují výzkumy v Toskánsku (Cesellato et al. 2005), liší se od nich (viz Gregerová 1996), podstatně nižším obsahem železa (max. 4,5 % oproti 30–33 % ve struskách) a vyšším obsahem SiO_2 (min. 56 % oproti 30–36 % ve struskách). Je rovněž možné, že někteří archeologové v minulosti automaticky interpretovali sklovité nálezy jako doklad sklářství, jak zjistili např. Štukovská-Staššíková, Plško (2003) v případě kovářské dílny ve středověké Nitře.



Obrázek 3: Morfologie krystalů olivínu na základě rychlosti tuhnutí taveniny. Vpravo struktury ve středověkých struskách z okolí Příbrami (převzato z Ettlera et al. 2009)

4. Poznámka k výskytu rud v okolí Uničova

Město Uničov leží v oblasti výskytu devonských železných rud (Slánský 1966) spojených s paleovulkanismem šternbersko-hornobenešovského pruhu. Podhůří Jeseníku a přilehlá část Hané na ose Šternberk-Uničov-Litovel také patřila k tradiční oblasti slovanského železářství (Pleiner et al. 1984). Především Želechovice u Uničova jsou významnou železářskou lokalitou, s doklady středověkého zpracování submarinních sedimentárních rud typu Lahn-Dill (Souchopová, Stránský 2008). Kromě využívání primárních rud, magnetitu a hematitu, docházelo bezpochyby i k exploataci sekundárního limonitu (Skácel 1966), který se mohl vyskytovat např. v gosanech Fe-ložisek (viz Skácel 1966).

Nelze ovšem zapomenout na polymetalická ložiska rovněž devonského stáří. V oblasti Horního Benešova je např. zaznamenána formace Cu-Pb-Zn rud (Skácel 1966). Při řešení otázky původu strusky ze středověkého Uničova tak nelze vyloučit ani možnost zpracování barevných kovů.

5. Závěr

Objev strusek na náměstí v Uničově není překvapující. Doklady kovářství a někdy i hutnictví se v jádrech středověkých měst objevují ať už v přímém spojení s dílnami či jako odpad zpevňující středověký terén. Markantnější je to ovšem tam, kde recentní stavební činnost v historických centrech vyvolala potřebu archeologických výzkumů (Praha, Brno). Prozatím jsou nejběžnější strusky z výroby a zpracování železa, v Uničově nelze ovšem zcela vyloučit ani možnost zpracování barevných kovů, jejichž rudy se nacházejí např. v okolí Horního Benešova. U strusek z výroby barevných kovů je možné předpokládat relikty těchto kovů i ve struskách, což by je mělo odlišovat od železářských strusek hutnických i kovářských.

Strusky hutnické (extrakce kovu z rudy) a kovářské (zpracování kovu) je již obtížnější od sebe rozpoznat, někdy toho lze docílit s přihlédnutím k nálezovým okolnostem a k jejich makrostruktuře. Na základě zastoupení skelné fáze a habitu krystalů ve struskové hmotě je také možné usoudit na rychlost tuhnutí taveniny. Tak lze např. pro hutnění železa rozlišit strusku utuhlou na dně pece a rychleji chladnoucí strusku odpichovou. Pokud se ukáže, že v Uničově docházelo na počátku 13. století k hutnění železných rud, bylo by zajímavé vypátrat, zda šlo o rudy typu Lahn-Dill, dobývané z prvohorních sedimentů, či limonitové rudy získávané asi povrchovým sběrem.

6. Slovníček pojmů:

Hamr: „dílenské zařízení sestávající z redukční pece (výhňové, popř. šachtové) pro přímou výrobu železa z rud, přičemž do pece byl dmýchán vzduch pomocí měchů využívajících k pohonu vodní síly. K vybavení patřilo hamerské kladivo (hamr, buchar) poháněné taktéž silou vodního kola, sloužící k základnímu hamerskému (kovářskému) zpracování vyredukované železné houby, či hroudy železa“ (Stránský et al. 2005). Dle Tylecotta (1992) však k využití hamru v metalurgii došlo až roku 1408 ve Velké Británii.

Kamínek (lech): „hutní meziprodukt …jedná se o ztuhlou taveninu sulfidů příslušných kovů...může obsahovat i malé množství příslušného kovu…odpovídal především měděnému kamínku (Cu_2S) obvykle s menším obsahem železa (FeS) a olova (PbS); mezi minoritní příměsi patřilo stříbro (Ag_2S), ale i další barevné kovy…“ (Vaněk, Velebil 2007)

Nístějovina: „nístějové olovo – nístěje sháněcích pecí nasycené klejtem, v podstatě PbO + popel (Vaněk, Velebil 2007)

Železářská struska: „odpadní produkt vznikající při tavbě železných rud či v průběhu postredukčního zpracování vytaveného kovu“ (Podliska, Zavřel 2006).

Železná houba (iron sponge): neopracovaný kus železa, zasintrovaný ve struskovité hmotě společně s kusy uhlíků naproti přístupu vzduchu v malých, jednoduchých dýmařských pecích (Pleiner 2006).

Železná lupa (iron bloom): Produkt vzniklý ohřevem a kováním železné houby, přičemž dochází k podstatné ztrátě kovu oxidací (Pleiner 2006). V termínu „bloom“ neexistuje jednotnost – S. Paynter (2006) ji popisuje jako „spongy mass of iron metal“ což by odpovídalo spíše naší železné houbě. Lupa byla pravděpodobně vyráběna z houby již v hutích, nikoliv až kovářských výhních (Souchopová, Stránský 2008).

5. Literatura:

Baron, S., Le-Carlier, C., Carignan, J., Ploquin, A. 2009: Archaeological reconstruction of medieval lead production: Implications for ancient metal provenance studies and paleopollution tracing by Pb isotopes. – Applied Geochemistry 24 (11), 2093-2101.

Buchwald, V. F., Wivel, H.1998: Slag analysis as a method for the characterization and provenancing of ancient iron objects. – Materials characterization 40, 73-96.

Casellato, U., Fenzi, F., Sitran, S., Fugato, P. A., Russo, U., Galgani, M., Mendera, M., Manasse, A. 2003: Medieval and renaissance glass technology in Valdelsa (Florence). Part. 1: raw materials, sands and non-vitreous finds. – Journal of Cultural Heritage 4 (4), 337-353.

Drahotová, O. 2005: Historie sklářské výroby v českých zemích, I. díl: Od počátků do konce 19. století. - Praha.

Ettler, V., Červinka, R., Johan, Z. 2009: Mineralogy of medieval slags from lead and silver smelting (Bohumín, Příbram district, Czech Republic): Towards estimation of historical smelting conditions. – Archaeometallurgy 51 (6), 987-1007.

Geisler, M., Malý, K. 2006: Výsledek výzkumné sezóny 2004 a doklady železářské produkce ze středověkého městečka ve Žďáru nad Sázavou. – Archeologia technica 17, 107-110.

Gordon, R. B. 1997: Process deduced from ironmaking wastes and artefacts. – Journal of Archaeological Science 24, 9-18.

Gregerová, M. 1996: Petrografie technických hmot. – Brno, Masarykova Univerzita.

Hauptmann, A. 2007: The Archaeometallurgy of copper. Evidence from Faynan, Jordan. – In: Hermann, B. – Wagner, G. A. (eds.): Natural Science in Archeology, Berlin – Heidelberg - New York.

Havrda, J., Podliska, J., Zavřel, J. 2001: Surovinové zdroje, výroba a zpracování železa v raně středověké Praze (historie, současný stav a další perspektivy bádání). – Archeologické rozhledy LIII, 91-118.

Hložek, M., Holub, P., Sedláčková, L., Trojek, T. 2006: Doklady slévání barevných kovů ve středověkém Brně na základě tyglíků z náměstí Svobody 9. – Archeologia technica 17, 87-93.

Hoffman, F. 2009: Středověké město v Čechách a na Moravě. – Praha, Lidové noviny.

Hošek, J., Malý, K., Zavyalov, V. 2007: Železná houba ze Žďáru nad Sázavou ve světle problematiky fosforového železa ve středověkém nožířství. – Archeologia technica 18, 10-17.

Macháček, J., Gregerová, M., Hložek, M., Hošek, J. 2007: Raně středověká kovodělná výroba na Pohansku u Břeclavi. – Památky archeologické XCVIII, 129-184.

Maldonado, B., Rehren, T. 2009: Early copper smelting at Itziparátzico, Mexico. – Journal of Archaeological Science 36 (9), 1998-2006.

Merta, D., Peška, M. 2002: Železářský výrobní areál z počátku 13. století v prostoru náměstí Svobody v Brně. – Archeologia technica 13, 33-42.

Malý, K., Zapletalová, D. 2007: Železářská kovovýroba v pravobřežní části Starého Brna. – Archeologia technica 18, 18-31.

Merta, J., Hošek, J. 2007: Železná houba ze zaniklé středověké osady Polom (okr. Blansko). – Archeologia technica 18, 37-44.

Nováček, K. 2001: Nerostné suroviny středověkých Čech jako archeologický problém: bilance a perspektivy výzkumu se zaměřením na výrobu a zpracování kovů. – Archeologické rozhledy LIII, 279-309.

Paynter, S. 2006: Regional variations in bloomery smelting slag of the Iron Age and Romano-British periods. – Archaeometry 48 (2), 271-292.

Petrík, J., Moravčíková, Ľ., Mihok, Ľ., Vadasz, P. 2008: Teplota tavenia archeometalurgických trosiek. – Archeologia technica 19, 26-31.

Pleiner, R. 2000: Iron in archeology: The European bloomery smelters. – Praha.

Pleiner, R. 2006: Iron in archeology: Early European blacksmiths. – Praha.

Pleiner, R., Kořan, J., Kučera, M., Vozár, J., 1984: Dějiny hutnictví železa v Československu 1: Od nejstarších dob do průmyslové revoluce. – Academia, Praha.

Podliska, J., Zavřel, J. 2006: K problematice identifikace a interpretace archeometalurgického materiálu na příkladu raně středověké Prahy. – Archaeologia historica 31, Brno, 387-402.

Skácel, J. 1966: Železnorudná ložiska moravskoslezského devonu. – Rozpravy ČSAV 76 (11), Praha.

Souchopová, V., Stránský, K. 2008: Tajemství dávného železa. Archeometalurgie objektivem mikroskopu. – Brno.

Staššíková-Štukovská, D., Plško, A. 2003: K otázke interpretácie sklovité hmoty z tzv. sklářských pecí v Nitre. – Archeologia technica 14, 27-34.

Stránský, K., Rek, A., Loskotová, I. 1994: Rozbory železářských strusek z nádvoří Staré radnice v Brně. – Archeologia technica 8, 66-74.

Stránský, K., Šenberger, J., Rek, A., Kafka, V., Souchopová, V. 1995: Kovářské zpracování železné houby vytavené v šachtové peci olomučanského typu rekonstruované podle nálezu z 11. století n. l. – Archeologia technica 9, 15-25.

Stránský, K., Stránská, R., Janová, D., Buchal, A. 2005: Staré železářství v Bystřici nad Pernštejnem. – Archeologia technica 16, 23-32.

Tumiati, S., Casartelli, P., Mambretti, A., Martin, S. 2005: The ancient mine of Servette (Saint-Marcel, Val D'Aosta, Western Italián Alps): A mineralogical, metallurgical and charcoal analysis of furnace slags. – Archaeometry 47 (2), 317-340.

Tylecote, R. F. 1992: A history of metallurgy. – 2nd edition, London – Brookfield.

Vaněk, V., Velebil, D. 2007: Staré hutnictví stříbra. – Stříbrná Jihlava 2007, 188-203.

Vondruška, V. 2002: Sklářství. – Praha.

Žemlička, J. 2002: Počátky Čech královských. 1198-1253: Proměna státu a společnosti. – Praha, Lidové noviny.