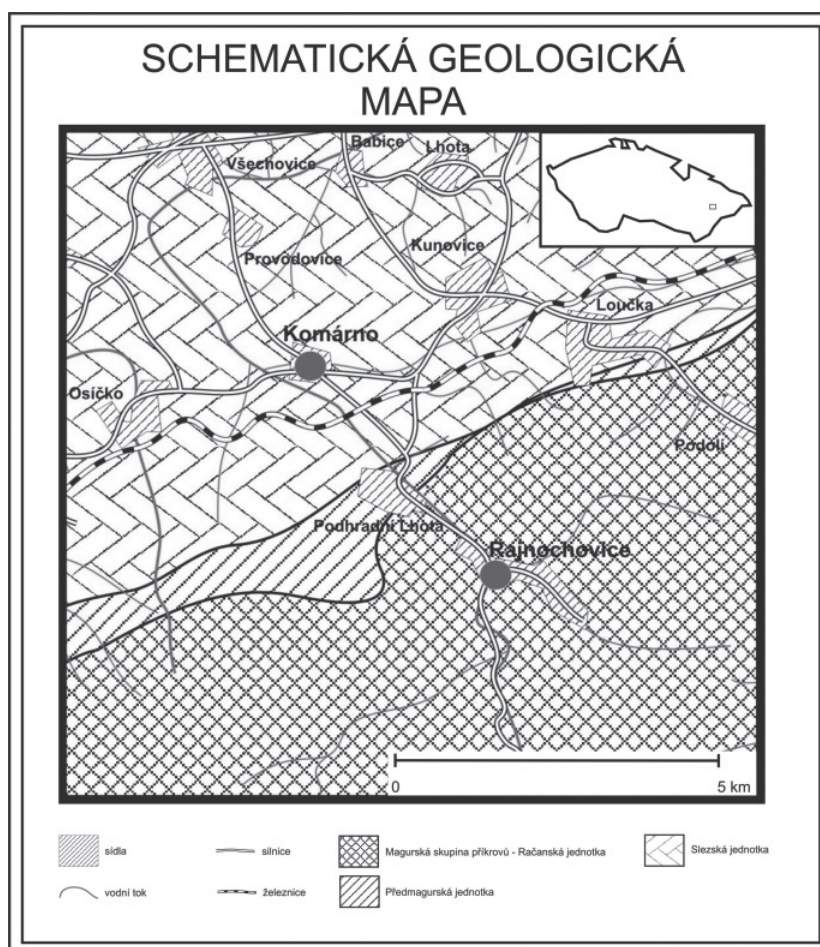


NÁLEZY ARTEFAKTŮ PO ŽELEZÁŘSKÉ VÝROBĚ V RAJNOCHOVICÍCH A KOMÁRNĚ (HOSTÝNSKÉ VRCHY)

BOHDANA ZMEŠKALOVÁ, ZDENĚK DOLNÍČEK, DALIBOR KOLBINGER

Úvod

Obec Rajnochovice se nachází v severovýchodní části Hostýnských vrchů v nadmořské výšce 420 m. n. m. Geologické podloží Rajnochovic je tvořeno zejména rusavskými vrstvami zlínského souvrství, které se ukládaly v eocénu. Jedná se o komplex vrstev, ve kterém převládá středně až hrubě rytmický flyš tvořený střídajícími se vrstvami pískovců a šedých vápnných jílovců (Obr. 1). Do katastru Rajnochovic také zasahuje kauberské souvrství křídového stáří, které je charakteristické převahou pelagických až hemipelagických rudohnědých jílovců, v nichž se lokálně vyskytují konkrce či polohy Fe–Mn pelosideritů (Kropáč 2005).



Obr. 1. Pozice studovaných lokalit v geologické mapě.

K prvním písemnostem připomínajícím místní zpracování železné rudy patří nařízení vydané v roce 1665, v němž císař Leopold I. nařídil vrchnostem, aby na svých pozemcích dolovaly a zřizovaly hutě a hamry (Kolbinger 2007), které však pracovaly jen krátce a brzy zanikly. Po roce 1711 je na čas obnovena jejich činnost, v roce 1723 byla výroba železa v plném proudu, avšak pak znovu zaniká. V roce 1788 se z Rajnochovic uvádí název „Althammer“ a v roce 1799 vysoká pec a hamr (Kolbinger 2007). V 19. století již tyto železářny neexistovaly (Kolbinger 2007, Kolbinger 2002). Místní hutnění a další zpracování železa dokládají nálezy strusky a dodnes zachované přehrady („klausy“) pro plavení dřeva po Juhyni, a to pod Vičanovem a u Fons Theodori. V blízkosti dnešního hotelu Polom se plavené dřevo zachytávalo a ukládalo, následně se pátilo v milířích pro potřeby místní hutě a hamru, pozůstatkem jsou zde silné vrstvy mouru (Kolbinger 2007). Rovněž železářská výroba se koncentrovala do prostoru kolem dnešního hotelu Polom, kde byly nalezeny sklovité železářské strusky (Kolbinger 2002). Na svahu nad nedalekým soukromým rodinným domkem je zřetelná malá část náhonu, který byl využíván k pohonu hamru a později na tomto místě vystavěné pily a mlýna. Náhon je patrný v délce několika metrů, je však již zavezen (Kolbinger 2007, Kolbinger 2002). Železná ruda pro potřeby místní hutě pocházela zřejmě z blízkého okolí, po vyčerpání nalezišť v 18. století však těžba ustala (Kolbinger 2002). V katastru obce Rajnochovice jsou i ze současné doby doloženy nálezy pelosideritu (Kolbinger 2002, Kolbinger 2007). Za předpokládané místo těžby železné rudy pro místní hutě je považován svah Polomska a lesní trať zvaná „Vrtaná“ (Kolbinger 2002), kde na povrch vystupují pestrobarevné jílovce kauberského souvrství. Těžba pelosideritu zde odpovídala potřebám své doby (sběr v korytech potoků, přípovrchová těžba v jamách).

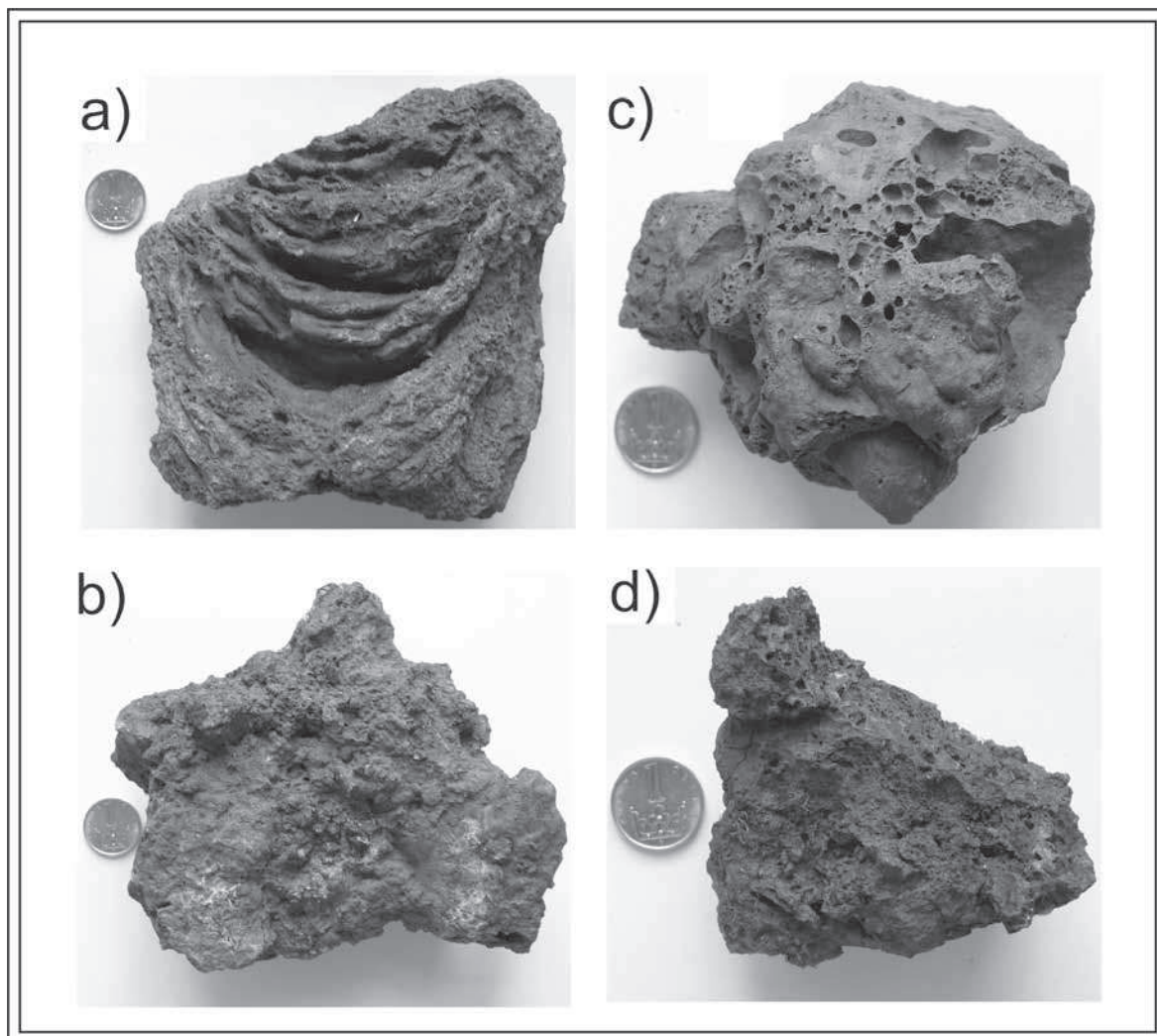
Obec Komárno se také nachází v severovýchodní části Hostýnských vrchů v nadmořské výšce 364 m. n. m. a jedná se o sousední obec Rajnochovic (Obr. 1). V katastru obce Komárna se sbíhá potok Komárník se třemi bezejmennými potoky v říčku Juhyni, která měla obrovský význam nejen v osidlovacím procesu, ale také i při zpracování železné rudy, stejně jako u Rajnochovic. Podloží Komárna je tvořeno zpevněnými sedimenty krosněnského souvrství oligocenního stáří, v jehož nadloží jsou kvartérní deluviální a fluviální písčito-hlinité sedimenty. V průběhu 17. století zde také dochází k založení železných hamrů z podnětu císaře Leopolda I.; byly zřejmě zřízeny současně s Rajnochovicemi (Kolbinger 2002). Hamr se nacházel cca 1,5 km severozápadně od obce u rybníku s mohutnou hrází se dvěma průlomy, jimiž odtékala voda do náhonů a poháněla tak vodní kolo hamru. Hamr se nacházel těsně pod touto hrází. Jeho původní funkci dokládá černá hlína nasycená uhlíky, která vznikla díky pálení dřevěného uhlí, a také nalezené železářské strusky (Kolbinger 2002).

Materiál, metodika a výsledky

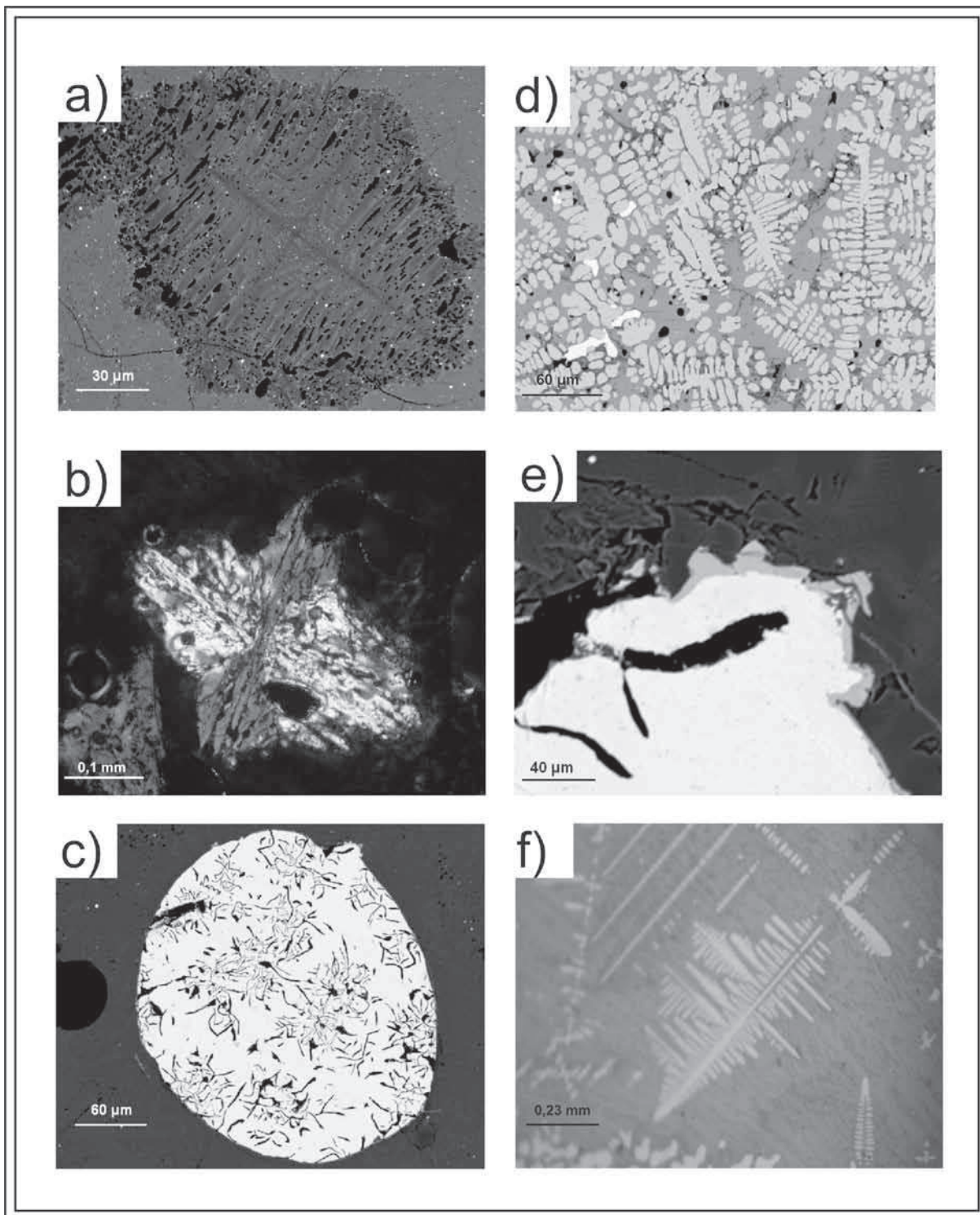
Artefakty z Rajnochovic se nacházejí přímo v centru obce cca 60 m severozápadně od dnešního hotelu Polom. Strusky byly nalezeny na louce vedle hotelu, kde byly nerovnoměrně rozmístěny. Byly také nalezeny na zahradě domu, který stojí vedle louky. Celkem zde bylo odebráno 12 vzorků. Jejich hmotnost se pohybovala od 107 do 1159 g a jejich velikost byla od 6 do 16,5 cm.

Artefakty z Komárna se nacházejí cca 1350 m severozápadně od obce Komárna. Byly nalezeny v haldách na břehu říčky Juhyně. Celkem zde bylo odebráno 20 vzorků strusek. Jejich hmotnost se pohybovala od 260 do 24500 g a jejich velikost byla od 5 do 22 cm.

Makroskopicky se strusky z Rajnochovic vyznačují nepravidelnými zaoblenými tvary, např. některé připomínají svým vzhledem provazovitou lávu typu pahoehoe (Obr. 2a), jsou pórovité a na svém povrchu zvětřávají a vytvářejí limonit. Na průřezu jsou převážně sklovité, zelené, modrozelené až šedé barvy, místy s kapkami šedobílého kovu, který na čerstvém řezu rychle rezaví (Obr. 2b). Na lomných plochách jsou ve skle místy patrné póry (bubliny) izometrického (kulovitého) tvaru. Převážně vytvářely celotvary.



Obr. 2. Příklady studovaných struskových hmot z lokality Rajnochovice (a, b) a Komárno (c, d). a – struska svým vzhledem připomínající provazovitou lávu typu pahoehoe; b – struska zaobleného tvaru na povrchu silně přeměněná v limonit; c – struska nepravidelného zaobleného tvaru, na povrchu limonitizovaná; d) železný škvár.



Obr. 3. Fázové složení strusek z Rajnochovic a Komárna. a – Produkty devitrifikace skla s nejvyššími obsahy Al_2O_3 v centrálním kříži, struska z Rajnochovic, výbrus, obraz BSE. b – Sklo s vyrostlící pyroxenu, struska z Rajnochovic, výbrus, procházející světlo, zkřížené nikoly. c – Kapka kovu s jemným lupínkovitým grafitem a alabandinem ve strusce z Rajnochovic, obraz BSE. d – Kapka kovu s okrajovým lemem tvořeným alabandinem, struska z Rajnochovic, obraz BSE. e – Světle šedé kostrovité útvary wüstitu, v mezerní hmotě fayalit (šedý), sklo (černošedé), částice železa (bílé) a černé útvary póry a apatit. Struska z Komárna, obraz BSE. f – Světlé dendrity ve strusce z Komárna jsou tvořeny wüstitem a černošedou hmotu tvoří skelná fáze a šedou hmotu olivín (v odraženém světle).

Makroskopicky lze nalezené struskové hmoty z Komárna rozdělit na dva typy podle složení. Prvním typem jsou černé strusky (Obr. 2c), které na čerstvém řezu rychle rezavějí. Druhým typem jsou železné škváry, tvořené převážně ryzím kovem (Obr. 2d). Strusky z Komárna se vyznačují nepravidelnými zaoblenými a krápníkovými tvary, jsou pórovité. Převážně vytváří celotvary, někdy i úlomky. Na průřezu mají černé strusky místy patrné póry (bubliny) izometrického (kulovitého) tvaru a na svém povrchu často zvětrávají a vytvářejí limonit. Velikost bublin se pohybovala od 1 mm do 4 cm.

Z fyzikálních vlastností byla u vzorků strusek stanovena reakce na permanentní magnet (feromagnetičnost), magnetická susceptibilita (s použitím laboratorního kapamůstku KT-6), hustota (pyknometricky) a koncentrace přirozených radioaktivních prvků (pomocí laboratorního gamaspektrometru GS-320). Artefakty z Komárna převážně reagují na permanentní magnet a jejich magnetická susceptibilita se pohybuje mezi $0,61 \cdot 10^{-3}$ SI a $4,3 \cdot 10^{-3}$ SI. Strusky z Rajnochovic většinou nereagují na permanentní magnet (reagují pouze obsahující kapky kovu) a jejich magnetická susceptibilita je nižší než u artefaktů z Komárna ($0,26 \cdot 10^{-3}$ SI do $1,3 \cdot 10^{-3}$ SI). Hustota strusek z Komárna byla vyšší (od 3,4 do 4,3 g/cm³) než u strusek z Rajnochovic (od 2,2 do 2,8 g/cm³). Gamaspektrometrickými měřeními bylo zjištěno, že obsahy radioaktivních prvků byly u artefaktů z Rajnochovic (K od 1,5 do 1,7 hm. %, U od 3,1 do 3,8 ppm, Th od 7,6 do 8,0 ppm) vyšší než u artefaktů z Komárna (K < 0,5 %, U < 1,5 ppm, Th od 2,0 do 3,0 ppm).

Pro stanovení fázového složení jednotlivých vzorků byly použity obvyklé metody výzkumu: optická mikroskopie leštěných výbrusů v procházejícím a odraženém polarizovaném světle, planimetrická analýza, popř. i následná identifikace nalezených fází na elektronové mikrosondě (Cameca SX-100, WDX).

Objemově zcela dominantní složkou strusky z Rajnochovic je sklo, které tvoří 63 % plochy výbrusu. Sklo lze ve výbrusu pozorovat ve dvou formách: 1) devitifikované sklo – v procházejícím světle hnědá barva, velmi špatná průhlednost a ve zkřížených nikolech velmi nízký dvojlom; 2) nedevitifikované sklo, které je dokonale izotropní. Barva skla byla v procházejícím světle velmi variabilní, od bezbarvé přes šedou k odstínům světle hnědé. Barva je značně ovlivňována také přítomností fází bohatých na Fe. WDX analýzou byly analyzovány produkty devitifikace skla. I když mají produkty devitifikace skla velmi podobný chemismus jako nedevitifikované sklo, jsou zajímavé existencí určité kompoziční zonálnosti, patrné v obraze odražených elektronů (Obr. 3a). Centrum produktu devitifikace skla bylo nejtmavší a vytvářelo v obraze odražených elektronů výrazný kříž, v němž množství Al_2O_3 dosahovalo 11,3 hm. % (Tab. 1; anal. 5). Směrem k okrajům kříž zaniká a vytváří světlejší přechod, kde obsah Al_2O_3 dosahuje hodnot okolo 10,5 hm. % (Tab. 1; anal. 6). Tmavý okraj produktu obsahoval nejnižší množství Al_2O_3 – jen 9,0 hm.% (Tab. 1; anal. 7). Reprezentativní mikrosondové analýzy nedevitifikované skelné fáze jsou rovněž uvedeny v tab. 1. Sklo má vysoký obsah SiO_2 (54–55 hm. %), CaO (18–21 hm. %), Al_2O_3 (9 hm. %) a nízký obsah železa (0,14–0,23 hm. % FeO). Ve skle jsou přítomné okrouhlé póry, které zauímají asi 18 % výbrusu, jejich velikost je velice variabilní (~1 mm až <1 μm). Bubliny jsou ve skle situovány nahodile. Sklo v sobě uzavírá další fáze – zejména pyroxeny, méně často litinu s jemným lupínkovitým grafitem a alabandinem. Pyroxeny zauímají cca 14 % plochy výbrusu a vytvářejí krátce sloupcovitá nebo zaoblená zrna o velikosti 0,12–0,35 mm (Obr. 3b) Vůči sklu mají zřetelně vystupující reliéf, v procházejícím světle jsou bezbarvé či slabě zelené, někdy slabě pleochroické. Mikrosondovou analýzou bylo zjištěno, že se jedná o Ca-pyroxeny (Tab. 2) s vysokými obsahy Al_2O_3 . Množství Al_2O_3 se od jádra pyroxenu směrem k okrajům zvyšuje (Tab. 2; anal. 1 a 2). V pyroxenu je přítomno 72 mol. %

diopsidu, 1 mol. % hedenbergitu, 2 mol. % johannsenitu a 25 mol. % „tschermakitové“ molekuly. Další fází je litina s jemným lupínkovitým grafitem, která zaujímala max. 5 % plochy výbrusu. Litina je kovová fáze ve skle, která má perlitickou strukturu. Mikrosondovou analýzou bylo zjištěno, že má vysoké obsahy Fe (97–99 hm. %) a zvýšený obsah Si (2,3 hm. %) a Mn (okolo 1 hm. %). Další analyzované prvky (Ni, V, Ti, Al, Mg, Zn, Cr, Ca) byly pod mezí stanovitelnosti. Fosfor bohužel nebyl analyzován. Dále se v litině vyskytoval lupínkovitý grafit, který měl v odražených elektronech černou barvu, a sulfidická fáze (Obr. 3c). Sulfidická fáze vytvářela šedý lem na okraji litiny (Obr. 3d) a také drobné krystalky uvnitř litiny. Podle chemické analýzy je sulfidickou fází alabandin: fáze má vysoké obsahy Mn (60 hm. %), S (36 hm. %), a nízký obsah Fe (1,6 hm. %). Další analyzované prvky (Co, As, Zn, Cu, Se, Ag, In, Au, Pb, Ni) byly pod mezí stanovitelnosti.

Struska z Komárna je tvořena sklem, wüstitem, olivínem, apatitem a kovem. Sklo zaujímá 15 % plochy výbrusu, tvoří mezerní hmotu a uzavírá ostatní fáze. Je dokonale opticky izotropní, v procházejícím světle má černou barvu a v odraženém světle má černošedou až černou barvu. Ve skle jsou také přítomné okrouhlé póry, jejichž velikost je velmi variabilní (~0,4 mm až <1 μm). Sklo v sobě uzavírá další fáze – zejména wüstit (zaujímá 39 obj. %), olivín (41 obj. %) a akcesoricky částice kovu (do 5 %) a apatit (cca 2 obj. %). Wüstit má v odraženém světle bílou barvu a vytváří světlé, kostrovité dendritické útvary (Obr. 3f). Šířka útvarů se pohybuje od 0,03 mm do 0,12 mm a maximální délka je 0,35 mm; v procházejícím světle je opakní. Wüstit vytváří shluky nebo je rozptýlený. Reprezentativní mikrosondová analýza je uvedena v tab. 2. Jde o prakticky čistý FeO (98 hm. %) bez významnějších příměsí jiných prvků. Olivín vytváří nepravidelné sloupcovité agregáty a má vyšší index lomu než sklo, má vysoký dvojlom, v procházejícím světle je bezbarvý. Ve zkřížených nikolech má obvyklé zelené, modré a červené interferenční barvy. V odraženém světle má tmavě šedou barvu. Podle mikrosondové analýzy v analyzovaném vzorku značně převládá fayalitová složka (89,5 mol. %) nad složkou kalcio-olivínovou (7,5 mol. %), tefroitovou (2 mol. %) a forsteritovou (1 mol. %; Tab. 2), jedná se tedy klasifikačně o fayalit. Akcesoricky se zde vyskytují i drobné částice kovu (železa), které jsou nepravidelných tvarů (Obr. 3e), v odraženém světle mají bílou barvu, v procházejícím světle jsou opakní. Kov je tvořen podle mikrosondové analýzy ze 100 % železem. Další analyzované prvky (Si, Mn, Ca, Zn, Ni) byly pod mezí stanovitelnosti. Fosfor bohužel nebyl analyzován. Mikrosondovou analýzou byla také potvrzena přítomnost apatitu, který vytvářel kulovitá zrna, v odražených elektronech měl černou barvu. Apatit měl vysoký obsah CaO (47 hm. %), P₂O₅ (40 hm. %), FeO (6,5 hm.%) a SiO₂ (1,5 hm. %; Tab. 2).

Celková chemická analýza (makroprvky i stopové prvky včetně prvků vzácných zemin), byla provedena v laboratořích ACME ve Vancouveru v Kanadě metodou ICP-OES (hlavní oxidy, těžké kovy) a Leco (síra, uhlík, ztráta žiháním). Ostatní určené prvky včetně prvků vzácných zemin (REE) byly analyzovány metodou ICP-MS. Struska z Rajnochovic má dominantní obsah oxidu křemičitého a zvýšený obsah oxidu vápenatého a hlinitého. Dále se vyznačuje nízkým obsahem oxidů železa a nízkým obsahem oxidu fosforečného. Jedná se o kyselou strusku s nízkým obsahem síry. Dále je nutno zmínit vysoký obsah oxidu vápenatého a hořečnatého, v průměru je součet obou oxidů 26 hm. % (Tab. 1).

Struska z Komárna se vyznačuje dominantním obsahem oxidů železa a nízkým obsahem oxidu křemičitého. Zvýšený obsah oxidu fosforečného nasvědčuje tomu, že se jedná o strusky, která vznikly oxidačním pochodem. Při tomto pochodu přešla většina fosforu ze surového železa do strusky. Jedná se také o kyselou strusku (Tab. 1).

ZKOUMÁNÍ VÝROBNÍCH OBJEKTŮ A TECHNOLOGIÍ ARCHEOLOGICKÝMI METODAMI

	1	2	3	4	5	6	7	8
P ₂ O ₅	0,03	1,02	0,02	0,02	0,01	0,00	0,01	0,12
SiO ₂	56,67	7,21	55,19	54,14	55,18	55,54	54,56	14,02
TiO ₂	0,44	0,03	0,42	0,43	0,29	0,32	0,48	0,19
Al ₂ O ₃	9,74	0,44	9,29	9,03	11,33	10,54	9,01	4,03
Cr ₂ O ₃	0,00	0,02	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00
FeO ^{tot}	1,41	86,78	0,14	0,23	0,13	0,18	0,18	37,72
MnO	2,92	0,75	2,88	3,16	2,25	3,11	2,94	2,69
MgO	6,83	0,24	6,86	6,61	2,97	4,51	8,07	4,15
CaO	19,13	2,39	20,95	21,03	18,82	21,20	20,21	4,96
Na ₂ O	0,44	0,03	0,48	0,52	0,69	0,60	0,50	0,10
K ₂ O	2,21	0,28	2,14	2,09	2,99	2,43	2,34	0,52
NiO			0,00	0,00	0,01	0,00	0,02	
BaO			0,18	0,16	0,16	0,11	0,08	
ZnO			0,00	0,00	0,01	0,00	0,05	
Cl			0,00	0,01	0,00	0,01	0,01	
F			0,03	0,00	0,03	0,08	0,00	
LOI	0,10	8,80						27,30
TOT/C	0,17	0,04						7,98
TOT/S	0,20	0,06						0,01
Celkem	100,09	90,49	98,59	97,44	94,87	98,63	98,44	103,79

LOI – ztráta žiháním, TOT/C – celkový uhlík, TOT/S – celková síra

Tab. 1. Chemické složení vzorků z Rajnochovic a Komárna (hm. %). Analýzy 1 a 2 – celkový chemismus strusek (1 – Rajnochovice, 2 – Komárno); anal. 3 a 4 – reprezentativní bodové WDX analýzy skla ze strusky z Rajnochovic; anal. 5, 6 a 7 – reprezentativní bodové WDX analýzy devitrifikovaného skla ze strusky z Rajnochovic; anal. 8 – pelosiderit ze Slavkova p. Host. (analýza převzata ze Zmeškalová 2009).

	pyroxen	pyroxen	wüstit	wüstit	olivín	olivín	apatit	apatit
P ₂ O ₅	0,02	0,02	0,00		0,39	0,29	40,32	37,46
SiO ₂	44,27	44,08	0,13	0,09	29,23	29,50	1,51	2,26
TiO ₂	3,83	3,48	0,05	0,04	0,00	0,00		
UO ₂							0,34	
ThO ₂							0,01	
Al ₂ O ₃	12,09	11,90	0,19	0,28	0,06	0,06		
Cr ₂ O ₃	0,03	0,00	0,00	0,02	0,01	0,02		
V ₂ O ₃			0,02	0,04	0,00		0,00	
Y ₂ O ₃							0,00	0,00
La ₂ O ₃							0,00	0,00
Ce ₂ O ₃							0,04	0,05
Pr ₂ O ₃							0,00	0,00
Sm ₂ O ₃							0,03	
Gd ₂ O ₃							0,01	
FeO ^{tot}	0,15	0,15	98,49	97,89	64,03	64,23	6,49	6,84
MnO	0,47	0,56	0,48	0,61	1,71	1,87	0,23	0,23
MgO	13,37	13,21	0,05	0,13	0,68	0,80	0,14	
CaO	25,40	25,33	0,04	0,02	4,07	4,15	47,16	46,24
NiO	0,00	0,00	0,01	0,03	0,01	0,00	0,00	
BaO	0,06	0,03			0,05	0,00	0,00	0,19
ZnO				0,04	0,03	0,08		
SrO							0,13	0,19
Na ₂ O	0,01	0,02			0,02	0,00	0,32	0,59
K ₂ O	0,00	0,01			0,02	0,00		
Cl	0,00	0,03			0,00	0,00	0,02	
Celkem	99,70	98,82	99,46	99,19	100,32	100,99	96,75	94,04
P	0,00	0,00	0,00		0,01	0,01	3,09	2,99
Si	1,63	1,63	0,00	0,00	0,98	0,98	0,14	0,21
Ti	0,11	0,10	0,00	0,00	0,00	0,00		
U							0,01	
Al	0,52	0,52	0,00	0,00	0,00	0,00		
Fe ²⁺	0,00	0,01	0,99	0,98	1,79	1,78	0,49	0,54
Mn	0,02	0,02	0,01	0,01	0,05	0,05	0,02	0,02
Mg	0,72	0,73	0,00	0,00	0,03	0,03	0,02	
Ca	1,00	1,01	0,00	0,00	0,15	0,15	4,57	4,67
Ba	0,00	0,00			0,00	0,00		0,01
Sr								0,01
Na	0,00	0,00			0,00	0,00	0,06	0,11
K	0,00	0,00			0,00	0,00		
Celkem	4,00	4,01	1,00	0,99	3,01	3,00	8,40	8,56

Tab. 2. Reprezentativní WDX mikroanalýzy pyroxenu, wüstitu, olivínu a apatitu ze strusek z Rajnochovic (anal. č. 1-2) a Komárna (anal. č. 3-8). Obsahy oxidů v hm. %. Empirický vzorec pyroxenu je přepočten na bázi 6 atomů kyslíku, wüstitu na 1 atom kyslíku, olivínu na 4 atomy kyslíku, apatitu na sumu 13 aniontů.

Byly také analyzovány stopové prvky u strusek z Rajnochovic a Komárna (Tab. 3). Obsahy většiny stopových prvků u Komárna a Rajnochovic jsou v zásadě v obou vzorcích podobné. Zajímavý je zvýšený obsah Ba u strusky z Rajnochovic (1330 ppm).

prvek	struska Rajnochovice	struska Komárno	prvek	struska Rajnochovice	struska Komárno
Mo	0,2	0,5	Be	3	<1
Cu	3	14,9	Cs	2,2	0,1
Pb	6,3	2,4	Ga	1,0	10,3
Zn	7	2	Hf	3,9	0,4
Ni	1,6	0,5	Nb	2,5	12
As	<0,5	<0,5	Rb	45,9	1,5
Cd	<0,1	<0,1	Sn	1	<1
Sb	0,1	<0,1	Y	46,6	1,0
Bi	<0,1	<0,1	La	30	1,8
Ag	<0,1	<0,1	Ce	71,5	2,9
Au	<0,5	<0,5	Pr	7,49	0,34
Hg	<0,01	<0,01	Nd	29,9	1,0
Tl	<0,1	<0,1	Sm	6,6	0,3
Se	<0,5	0,5	Eu	2,09	0,07
Co	0,9	1,0	Gd	9,09	0,50
Ba	1330	198	Tb	1,43	0,03
Sr	323	64,5	Dy	6,91	0,21
Ta	0,4	0,4	Ho	1,29	0,04
Th	8,2	0,5	Er	3,63	0,10
U	2,8	0,1	Tm	0,49	0,02
V	19	163	Yb	3,07	0,10
W	<0,5	4,6	Lu	0,50	0,01
Zr	134	17,9	Σ REE	173,99	7,42

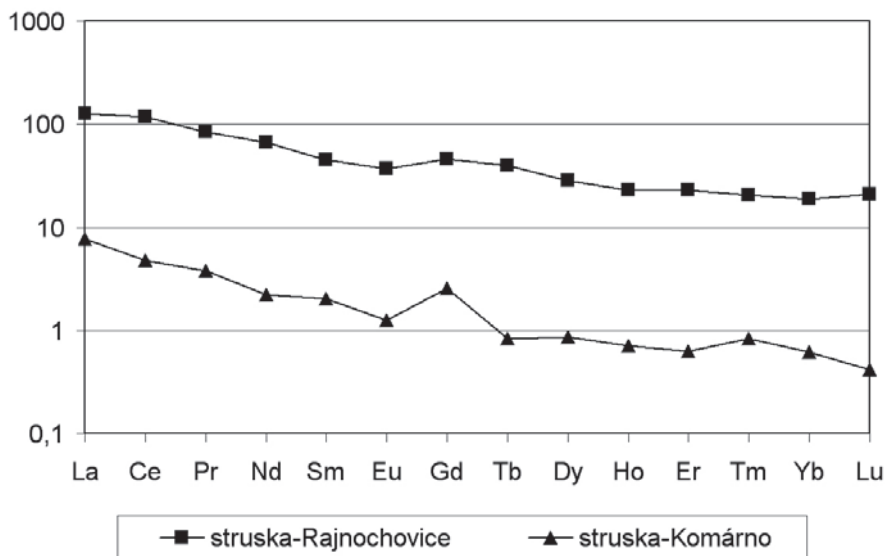
Tab. 3. Obsahy stopových prvků ve struskách. Všechny hodnoty jsou v ppm, kromě Au, které je v ppb.

Prvky vzácných zemin (REE) byly normalizovány na C1 chondrit, s použitím hodnot stanovených Andersem a Grevessem (1989). Velikost Ce a Eu anomálií byly vypočteny podle následujících rovnic (McLennan 1989, Monecke et al. 2002): $Ce/Ce^* = Ce_N / \sqrt{(La_N * Pr_N)}$; $Eu/Eu^* = Eu_N / \sqrt{(Sm_N * Gd_N)}$. Výraznou pozitivní anomálii Ce má struska z Rajnochovic. Hodnoty Ce anomálie Ce/Ce^* : struska z Rajnochovic – 1,14, struska z Komárna – 0,89. Hodnoty Eu anomálií Eu/Eu^* : struska z Rajnochovic – 0,82; struska z Komárna – 0,58.

Diagram chondritem normalizovaných obsahů REE byl vytvořen pro obě lokality Rajnochovice i Komárno (Obr. 4). Normalizované distribuce prvků vzácných zemin vykazují nabohacení na lehké vzácné zeminy. Z diagramu je dále patrné, že strusky, které mají vysoký obsah oxidu křemičitého, mají vysoké hodnoty prvků vzácných zemin. Naopak strusky, u kterých je vysoký obsah oxidů železa, mají malý obsah prvků vzácných zemin a jejich křivka má klesající tendence.

Diskuze a závěr

Už při prvním pohledu na strusky z obou lokalit je patrné, že se od sebe navzájem liší. Značné rozdíly jsou i ve fázovém složení struskových hmot. Struska z Rajnochovic je tvořena devitifikovaným a nedevitifikovaným sklem, pyroxeny, litinou s jemným lupínkovitým grafitem a alabandinem. Struska z Komárna je naopak tvořena sklem, olivínem, wüstitem, apatitem a částicemi kovu. Fázové složení obou strusek odpovídá železářským struskám (srov. Gregerová 1996).



Obr. 4. Diagram obsahů REE ve struskách normalizovaných C1 chondritem.

Značné rozdíly jsou i v chemickém složení. Struska z Rajnochovic má dominantní obsah oxidu křemičitého (57 hm. %), zvýšený obsah oxidu hlinitého (9,7 hm. %) a vápenatého (19,3 hm. %) a nízký obsah oxidů železa (1,6 hm. %) – viz tab. 1. Tyto hodnoty jsou srovnatelné s chemickým složením strusek z dřevouhelných pecí (Stránský et al. 2003). Při redukci železa v peci docházelo k redistribuci jednotlivých prvků tvořících původní vsázku pece (ruda + struskotvorná přísada + palivo) mezi vznikající kovovou fází a strusku. Zatímco železo a částečně i fosfor přecházejí do kovové fáze, ostatní prvky (Si, Al, Ti, Mn, Ca, Mg, S) se koncentrují ve strusce (Pleiner 1958). Reprezentativní analýza pelosideritu (železná ruda) ze Slavkova pod Hostýnem je uvedena v tab. 1. Na základě porovnání obsahů Al, Ca, Mg, Ti a alkálií v rajnochovické strusce a místní rudě (pelosideritu) lze konstatovat značnou podobnost. Primárním zdrojem rudy pro místní železářskou výrobu tedy pravděpodobně mohl být místní pelosiderit. Jako palivo se používalo dřevěné uhlí - nasvědčuje tomu nízký obsah síry (0,2 hm. %). Zajímavý je také relativně vysoký obsah Ba, jehož zdroj lze s největší pravděpodobností hledat v místní rudě (pelosideritu). Obsah Ba je u čerstvého nezvětralého pelosideritu kolem 100 ppm, zatímco u zvětralé rudy může obsah Ba dosahovat až 3800 ppm (Zmeškalová 2008, Kropáč 2005). Nízký obsah oxidu fosforečného (0,03 hm. %) vypovídá o tom, že jde o strusku redukční povahy, vzniklou při nepřímé výrobě železa (Stránský et al. 2003). Vysoký obsah oxidu vápenatého může být způsoben tím, že se vápenec používal jako struskotvorná přísada. V širším okolí existují drobná ložiska (např. Hostýn; Kolbinger 2006), odkud mohl být vápenec získáván a dovážen. Z dostupných údajů můžeme tedy usoudit, že se v Rajnochovicích jedná o železářské strusky, které pocházejí z nepřímé výroby železa z místní železná rudy v dřevouhelných pecích.

Struska z Komárna má dominantní obsah oxidů železa (87 hm. % FeO) a malý obsah oxidu křemičitého (7,2 hm. %). Tyto obsahy jsou srovnatelné s hodnotami strusek z kujnicích výhní (Stránský et al. 2003). Zajímavý je chemismus apatitu a jeho zvýšený obsah Fe (6 hm. % FeO), který vyrovnává deficit vápníku. Vstup železa do struktury apatitu mohl být zapříčiněn nedostatečným množstvím vápníku v tavenině. Strusky z Komárna tedy pocházejí z největší pravděpodobnosti z kujnicí výhně, která pracovala oxidačním procesem. Palivem vzhledem k množství síry bylo pravděpodobně dřevěné uhlí. Koncentrace fosforu ve struskách z kujnicích výhní je statisticky významně vyšší než průměrná koncentrace fosforu ve struskách z redukčních pecí pro přímou výrobu železa (Souchopová 1995). Zvýšený obsah fosforu se odrazil i v minerálním složení strusky, v níž je hlavním nositelem tohoto prvku železem bohatý apatit. Strusky z kujnicích výhní mají řádově vyšší koncentraci oxidů železa než strusky z dřevouhelných železářských pecí. Předpokládáme, že u Komárna se jednalo o hamry se zabudovanými kujnicími výhněmi.

Stránský et al. (2003) uvádí, že se v Českých zemích zakládaly nejdříve dřevouhelné pece a následně hamry s instalovanými kujnicími výhněmi, a to v průběhu 17. a 18. století. Kolbinger (2006) se zmiňuje, že hamry a hutě vznikaly v Rajnohovicích a Komárně v průběhu 17. století. Výroba v obou obcích byla nejspíš specializovaná a zaměřena na místní potřeby obyvatel. Specializace pracovišť (primární výroba železa z rud v Rajnohovicích, zkujňování surového železa v Komárně) je indikována přítomností výhradně jednoho druhu strusek na každé ze zmiňovaných lokalit.

Literatura

- Anders, E. – Grevesse, N. (1989): Abundances of the elements: Meteoritic and solar. *Geochim. Cosmochim. Acta*, 53, 197–214.
- Gregerová, M. (1996): Petrografie technických hmot. Masarykova univerzita PřF MU Brno.
- Kolbinger, D. (2002): Dávnověké osídlení Hostýnských vrchů II (pokračování). Povodí říčky Juhyně ve středověku. *Archeologie Moravy a Slezska*, 154–158. Hulín.
- Kolbinger, D. (2006): Dávnověké osídlení Hostýnských vrchů IVa (pokračování). *Archeologie Moravy a Slezska*, 6, 16–93. Hulín.
- Kolbinger, D. (2007): Těžba železné rudy a její zpracování v povodí říčky Juhyně. *Zálhotský sborník, ročník XIX–XX*, 9–12. Podhradní Lhota.
- Kropáč, K. (2005): Petroarcheologický výzkum stavebního kamene zříceniny hradu Obrány v Hostýnských vrších. MS, dipl. práce, PřF UP Olomouc.
- Monecke, T. – Kempe, U. – Monecke, J. – Sala, M. – Wolf, D. (2002): Tetrad effect in rare earth element distribution patterns: A method of quantification with application to rock and mineral samples from granite-related rare metal deposits. – *Geochim. Cosmochim. Acta*, 66, 7, 1185–1196.
- McLennan, S. M. (1989): Rare earth elements in sedimentary rocks: influence of provenance and sedimentary processes. In: Lipin, B. R. – McKay, G. A. (eds.): *Geochemistry and mineralogy of rare earth elements. Reviews in mineralogy*, vol. 21, pp. 169–200. The Mineralogical Society of America. Washington D. C.
- Pleiner, R. (1958): *Základy slovanského železářského hutnictví v Českých zemích*. Česká akademie věd. Praha.
- Souchopová, V. (1995): Počátky západoslovanského hutnictví železa ve světle pramenů z Moravy. *Studia Arch. ústavu*, roč. XV, Akademie věd ČR v Brně, Brno.

- Stránský, K. – Ustohal, V. – Rek, A. – Stránský, L. (2003): Železné hamry a hutě Českomoravské a Dražanské vrchoviny. VUT, Fakulta strojního inženýrství, Úst. materiálového inženýrství Františka Piška. Brno.
- Zmeškalová, B. (2008): Geoarcheologické aspekty historického železářství v okolí Bystřice pod Hostýnem. MS, bak. práce, PřF UP Olomouc.