

# Důlní a hutnická činnost v údolí potoka Stříbrnice

Karel Stránský, Jiří Merta, Antonín Buchal

## 1. Úvod

Lesní trať Stříbrnice, kterým protéká potok, spíše potůček stejného jména, se nachází přibližně severovýchodně od východního okraje osady Lesní Hluboké. Délka rovněž severovýchodně tekoucího potoka, i s jeho četnými zákrutami, činí od jeho soutoku s Bílým potokem po východní okraj osady asi 1,5 až 2,0 km. V tomto úseku má potok Stříbrnice spád přes 102 m, to znamená asi 5,1 až 6,8 m/100m. Potok teče převážně hluboko zařezaným údolím a v jeho dolním toku ho sleduje pouze stezka pro pěší. Teprve v horní části toku jej křížuje lesní cesta. Místní název lesní tratě a potoka *Stříbrnice* je velmi starý a pochází ještě z doby, kdy se v údolí těžil stříbronosný galenit. Jako památka na tuto těžbu se ve stěně údolí, asi v polovině vzdálenosti mezi ústím potoka a okrajem osady, zachovala štola, dnes již v terénu velmi obtížně identifikovatelná. Situaci přibližuje výřez z topografické mapy na *obr. 1*.

V rámci výzkumu zaniklého železářského hamru na Bílém Potoce byl před léty (1984) také proveden výzkum reliktu tavicí pece, původně hodnoceného jako tavicí pec na přetavování olova obsahujícího stříbro [1]. Surovinou byly nejspíše galenitové rudy, těžené pravděpodobně v blízkém okolí potoka Stříbrnice. Objekt tavicí pece byl tehdy nalezen po upozornění dr. Karla Kučery, externího pracovníka Technického muzea v Brně. Ten při své badatelské práci objevil mapu z dvacátých let 19. století s místním označením *Zum alten Silberofen*. Při výzkumu byly v kupovité terénní vyvýšenině odkryty zbytky šachtové pece obdélníkového půdorysu 180 × 120 cm. Pec byla zděná z lomového kamene na hlínu. Šachta pece se zachovala do maximální výše 135 cm. Vnitřní zásyp pece obsahoval přepálené vrstvy fylitů, promíšené úlomky cihel (15 × 7,5 × ?), vypálené hlíny a strusek. Struska se sklovitým povrchem tvořila povlaky na úlomcích. Při peci, stojící po levém břehu Stříbrnice, byla v nápadně odkopané stráni údolí odkryta navážecí rampa.

V okolí potoka bylo možno pozorovat lidskou činností přemístěné vrstvy zeminy, které měly pravděpodobně vztah k činnosti hutě. Při výzkumu nebyly získány žádné hmotné doklady pro datování objektu. Před pecí byl nalezen tuhovaný keramický střep výdutě, snad džbán, a ve zcela sesutém výklenku pece se nacházela hrouda strusky [1].

Také Vlastivěda moravská, Bítešský okres, vydaná v roce 1900 [2] uvádí, že *ve zdejších okolí dolovalo se kdysi na stříbro, které se zde objevuje v leštěnci olověném, ale v tak nepatrném množství, že dolování v brzkou dobu bylo zanecháno.*

### 1.1. Průzkum lesní tratě a údolí potoka Stříbrnice

Průzkum údolí Stříbrnice, který proběhl v úterý, dne 16. července 2002, ve směru od ústí potoka k osadě Lesní Hluboké, měl jako hlavní cíle nalézt strusky po případném hutnickém zpracování stříbrných rud, popřípadě železných rud, neboť v údolí se podle tradice také těžila a zpracovávala železná ruda, dále posoudit, zda v četných odvalech, které se podél potoka, zejména v jeho střední části nacházejí, jsou zbytky stříbrnosných rud a minerálů, popřípadě zbytky železných rud a minerálů a ověřit zda se v potoce nacházejí zlomky užitkové či jiné keramiky.

Terénního povrchového průzkumu se uvedeného dne zúčastnili Jiří Merta a Karel Stránský. Záchytným bodem pro průzkum údolí byl výzkum nálezů hutnické pece, který zde před časem uskutečnil Jiří Merta. Celou situaci přibližuje již zmiňovaný *obr. 1* a příslušný text. Hutnickou pec ve stavu v jakém se nacházela před asi 20 lety dokládá *obr. 2* převzatý z Mertovy publikace [1].

### 1.2. Výsledek průzkumu

Průzkumu předcházely několik dnů před tím přívalové deště, takže koryto Stříbrnice bylo i v zákrutech silně erodováno a dno potoka, v dolní části s četnými vodopády, bylo místy obnaženo až na holou skálu. Nutno říci, že přes pečlivý průzkum povrchu v blízkém okolí potoka, jeho břehů a koryta, se nepodařilo najít žádné strusky a též ne zlomky keramiky. Povrchovým sběrem však byly odebrány z bývalých odvalů charakteristické vzorky železné rudy a vzorky žilného křemene v nichž bylo možno předpokládat stopy stříbrnosných minerálů.

Dále byly fotograficky dokumentovány zbytky již zmíněné hutnické pece, kterou před časem

prozkoumal Jiří Merta a z povrchu lomových kamenů, kterými byla pec na své vnitřní straně vyzděna, byly odebrány vzorky sklovitého struskového povlaku. Povlak měl šedohnědé až zelenavěšedé zbarvení povrchu, jeho lom byl šedočerný až téměř černý a tloušťka povlaku se pohybovala od přibližně 3 mm až do 7 mm.

## 2. Analýzy

Nejprve proběhla rentgenová difrakční analýza charakteristického vzorku železné rudy a struskového povlaku z vnitřní části hutnické pece, a to s cílem stanovit jejich fázové složení. Za tím účelem byl použit rentgenový difraktometr SIEMENS D500 spojený s databázovým systémem obsahujícím cca  $8 \cdot 10^4$  difrakčních spekter anorganických látek, převážně minerálů. Oba vzorky – železná ruda a struskový povlak – byly nejprve odděleně rozdrčeny na menší části (cca 2 až 4 mm) a poté v achátovém mlýnku rozemlety na prášek o zrnitosti 1 až 10  $\mu\text{m}$ . Prášek každého ze vzorků byl poté vsypán a stlačen do plexisklového držáčku o průměru 25 mm a výšce 4 mm. Difrakční spektrum bylo sejmuto standardním způsobem za rotace v komoře difraktometru v úhlu  $2\theta$  v rozsahu 10 až 120 stupňů za dobu 24 hodin. Poté následovala chemická analýza práškového vzorku železné rudy a práškových vzorků struskového povlaku. Na základě chemické analýzy pak proběhlo testování sejmutých rentgenových difrakčních spekter se spektry minerálů uloženými v databázi příslušenství k difraktometru a bylo stanoveno mineralogické složení železné rudy a vzorků struskového povlaku (*tab. 1 až 4*). Podmínky chemických analýz jsou uvedeny v poznámkách k tabulkám výsledků těchto analýz (*tab. 2 a 4*).

### 2.1. Výsledky analýz železné rudy

Výsledky rentgenové difrakční analýzy vzorku železné rudy jsou uvedeny v *tab. 1*. Prášek má temně hnědé až mírně načervenalé zbarvení a jak je z přiložené tabulky zjevné, jde o goethit, který jako minerál obsahuje v hm.% 62,86 Fe, 36,02 O a 1,13 H, s jistým podílem křemene.

**Tab. 1** Výsledky difrakční fázové analýzy prášku železné rudy (*Stříbrnice*)

| Fáze | Stechiometrický vzorec | Minerál | Poznámka                 |
|------|------------------------|---------|--------------------------|
| 1    | FeO(OH)                | goethit |                          |
| 2    | SiO <sub>2</sub>       | křemen  | nízkoteplotní modifikace |

Výsledky chemických mikroanalýz práškového vzorku železné rudy, identifikované rtg. difrakční analýzou s využitím analýzy chemické jako goethit, jsou uvedeny v *tab. 2*. Vidíme, že jde o železem bohatou rudu obsahující 82,96 hm.% oxidů železa (stechiometrie byla zadána uživatelským programem) s poměrně vysokým obsahem MnO (5,92 hm.%). Jednotlivé složky uspořádané podle klesajícího obsahu jsou uspořádány v posledních dvou sloupcích téže *tabulky 2*.

**Tab. 2** Výsledky analýz práškového vzorku železné rudy (goethitu) z údolí *Stříbrnice* [hm.%]

| Složka                         | Průměr $\bar{x}$ | Odchylka $s_x$ | Meze: min-max | Složka                         | Obsah  |
|--------------------------------|------------------|----------------|---------------|--------------------------------|--------|
| Na <sub>2</sub> O              | 0,080            | 0,049          | 0,026–0,122   | Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | 82,993 |
| MgO                            | 0,742            | 0,128          | 0,594–0,822   | SiO <sub>2</sub>               | 8,111  |
| Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | 1,422            | 0,120          | 1,288–1,518   | MnO                            | 5,918  |
| SiO <sub>2</sub>               | 8,111            | 0,064          | 8,111–8,175   | Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | 1,422  |
| P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>  | 0,032            | 0,055          | 0,000–0,096   | MgO                            | 0,742  |
| S                              | 0,156            | 0,019          | 0,135–0,168   | K <sub>2</sub> O               | 0,367  |
| K <sub>2</sub> O               | 0,367            | 0,030          | 0,382–0,387   | S                              | 0,156  |
| CaO                            | 0,124            | 0,015          | 0,107–0,137   | CaO                            | 0,124  |
| TiO <sub>2</sub>               | 0,042            | 0,014          | 0,026–,050    | Na <sub>2</sub> O              | 0,080  |
| Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | 0,012            | 0,016          | 0,000–0,030   | TiO <sub>2</sub>               | 0,042  |
| MnO                            | 5,918            | 0,184          | 5,748–6,114   | P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>  | 0,032  |
| Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | 82,993           | 0,068          | 82,953–83,072 | Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | 0,012  |

*Poznámka:* – analýza třech míst prášku na karbonové pásce při zvětšení – cca 30 x, analytický komplex JEOL JSM 840/LINK, urychlovací napětí  $U = 25 \text{ kV}$ , doba expozice (načítání impulzů rtg. záření)  $t = 100 \text{ s}$ , aplikován systém korekcí ZAF, složky tvořící cca 90% kvantil jsou v tabulce vyznačeny tučně.

## 2.2. Výsledky analýz struskového povlaku hutnické pece

Výsledky difrakční fázové analýzy struskového povlaku odebraného z vnitřního povrchu hutnické pece jsou uvedeny v *tab. 3*. Vzorek má převážně sklovitou povahu a testováním s využitím citované databáze difraktometru, byly v povlaku, kromě skelné fáze, nalezeny tyto minerály: křemen, jak o nízkoteplotní, tak o vysokoteplotní modifikaci (cristobalit), dále andradit, troilit, anglesit a magnetit. Systém minerálů přítomných ve vzorku struskového povlaku je však velmi složitý a k určení původu strusky bylo ještě třeba uskutečnit přesnou chemickou analýzu téhož práškového vzorku.

Výsledky chemické mikroanalýza dvou práškových vzorků strusky jsou uvedeny v *tab. 3*. Obsah kyslíku, kterého vzorky struskového povlaku obsahují mezi 45 až 50 hm. % nebyl do výsledku zahrnut. K prvkům (kromě kyslíku) které přibližně tvoří 80% kvantil celkového obsahu, je třeba u struskového povlaku počítat křemík, hliník a železo (součet jejich obsahů činí 81,70 hm.%). Struskový povlak měl poměrně heterogenní složení a bylo v něm nalezeno kromě prvků tvořících základ hlušiny a vyzdívky pece, k nimž lze počítat Si, Al, Fe, Ca, K, Ti, Mn, Na, a P, ještě v hm.% až 0,63 S, 2,13 Pb, 1,64 Cu a 0,56 Ag, které do povlaku zřejmě přešly ze zpracovávaných rudních minerálů. Průměrný obsah prvků, které nejspíše tvořily složky rudních minerálů, činil v hm.% 0,19 S, 0,84 Pb, 0,38 Cu a 0,18 Ag (celkem 1,59 hm.%).

**Tab. 3** Výsledky difrakční fázové analýzy prášku struskového povlaku hutnické pece (*Stříbrnice*)

| Vzorek | Fáze | Stechiometrický vzorec  | Minerál     | Poznámka - standard        |
|--------|------|---|-------------|----------------------------|
| 1      | 1    | SiO <sub>2</sub>  | křemen      | syntetický - nízkoteplotní |
|        | 2    | Ca <sub>3</sub> Fe <sub>2</sub> Si <sub>3</sub> O <sub>12</sub> | andradit    |                            |
|        | 3    | FeS   | troilit     | 2H                         |
|        | 4    | SiO <sub>2</sub>  | cristobalit | alfa, syntetický           |
|        | 5    | Fe <sub>3</sub> O <sub>4</sub>                                  | magnetit    | syntetický                 |
|        | 6    | PbO   |             | oxid olovnatý (klejt)      |
| 2      | 1    | SiO <sub>2</sub>  | křemen      | syntetický - nízkoteplotní |
|        | 2    | CaFe <sub>2</sub> O <sub>4</sub>                                |             |                            |
|        | 3    | Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>                                  | hematit     |                            |
|        | 4    | SiO <sub>2</sub>  | cristobalit |                            |
|        | 5    | Pb <sub>3</sub> SiO <sub>5</sub>                                |             | křemičitan olovnatý        |

*Poznámky:* – 1. odběr vzorku: rentgenové difrakční spektrum je označeno: KSPS s datem 4. 9. 2002 09:14 (elektronický záznam spektra je v archivu VUT Brno, FSI, ÚMI, OSFA),

– 2. odběr vzorku: rentgenové difrakční spektrum je označeno: 1 MONO–R ss: 0.500 tm: 116.00 CoK $\alpha$ 1+2 (elektronický záznam spektra je v archivu VUT Brno, FSI, ÚMI, OSFA).

**Tab. 4** Výsledky chemické analýzy prášku struskového povlaku hutnické pece *Stříbrnice* [hm.%]

| Prvek | Průměr x | Odchylka s <sub>x</sub> | Meze: min-max | Prvek     | Obsah  |
|-------|----------|-------------------------|---------------|-----------|--------|
| Na    | 0,444    | 0,144                   | 0,269–0,536   | <b>Si</b> | 60,592 |
| Mg    | 2,044    | 0,350                   | 1,852–2,471   | <b>Al</b> | 10,977 |
| Al    | 10,977   | 0,853                   | 10,062–12,228 | <b>Fe</b> | 10,134 |
| Si    | 60,592   | 5,103                   | 53,846–67,928 | Ca        | 6,496  |
| P     | 0,000    | 0,000                   | 0,000–0,000   | K         | 6,368  |
| S     | 0,190    | 0,224                   | 0,000–0,529   | Mg        | 2,044  |
| Pb    | 0,841    | 0,795                   | 0,000–2,134   | Ti        | 0,858  |
| K     | 6,368    | 0,750                   | 5,339–7,323   | Pb        | 0,841  |
| Ca    | 6,496    | 1,224                   | 4,670–7,763   | Mn        | 0,496  |
| Ti    | 0,858    | 0,195                   | 0,650–1,123   | Na        | 0,444  |
| Mn    | 0,496    | 0,180                   | 0,258–0,713   | Cu        | 0,384  |
| Fe    | 10,134   | 4,698                   | 3,317–15,729  | S         | 0,190  |
| Cu    | 0,384    | 0,648                   | 0,000–1,644   | Ag        | 0,175  |
| Zn    | 0,000    | 0,000                   | 0,000–0,000   | P         | 0,000  |
| Ag    | 0,175    | 0,272                   | 0,000–0,558   | Zn        | 0,000  |

*Poznámka:* – analýza dvou vzorků struskového povlaku rozemletého na prášek na karbonové pásce,

vždy ve třech místech při zvětšení cca 200x (tj. vždy z plochy asi  $0,5 \times 0,5 \text{ mm}^2$ ), analytický komplex PHILIPS-EDAX, urychlovací napětí  $U = 20 \text{ kV}$ , doba expozice (načítání impulzů rtg. záření)  $t = 100 \text{ s}$ , aplikován systém korekcí ZAF, kyslík nebyl analyzován, prvky tvořící 80% kvantil jsou v tabulce vyznačeny tučně (elektronický záznam rtg. spekter je v archivu VUT Brno, FSI, ÚMI, OSFA).

### 3. Rozbor výsledků a závěr

Náhodně vybraný charakteristický vzorek železné rudy, pocházející z nálezů v údolí potoka *Stříbrnice*, je podle fázové analýzy tvořen převážně minerálem *goethitem* s nevelkým podílem *křemene* a představuje velmi jakostní železnorudnou surovinu (*tab. 1 a 2*). T. Kruťa ve svém kompendiu *Moravské nerosty a jejich literatura 1940-1960* [3] u osady Lesní Hluboké sv. od Náměště nad Oslavou a již. od Velké Bíteše, uvádí pouze tyto nálezy: *ametyst, křemen, křišťál a epidot*. První tři pocházejí z polní tratě *Křemelík, epidot* byl nalezen v puklinách bítešské ruly v kamenolomu v trati *Čihadla*. Minerál *goethit* není na této lokalitě v jeho kompendiu uveden.

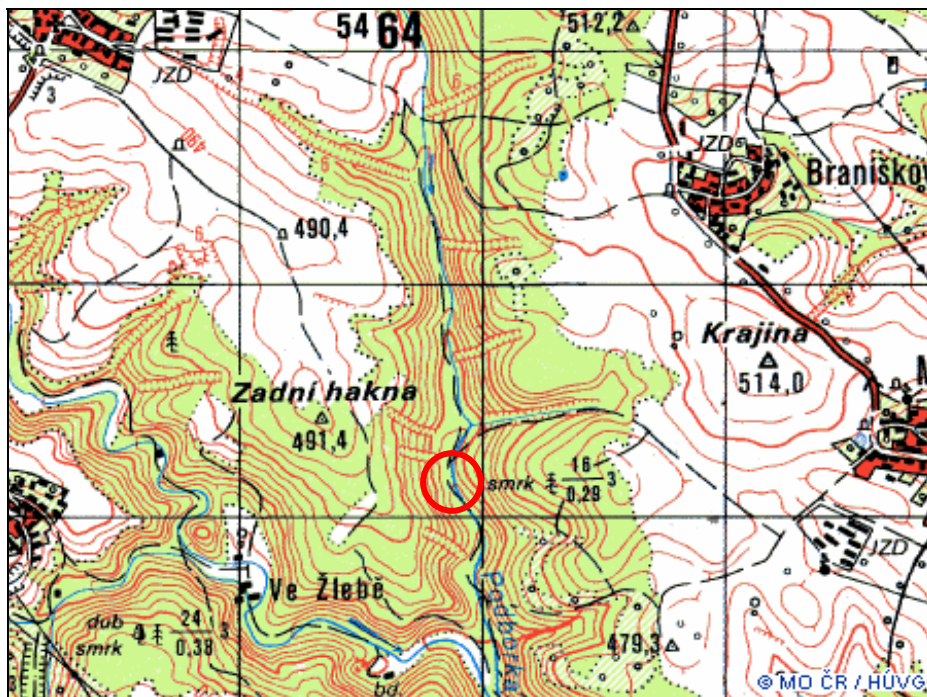
Minerální složení struskového povlaku na lomových kamenech, z nichž byla vybudována pec v trati *Stříbrnice* je velmi pestré (*tab. 3*). Z uvedených minerálů uvedených v této tabulce spadá *andratit* do skupiny granátů a jeho stechiometrický vzorec se uvádí též ve tvaru  $\text{Ca}_3\text{Fe}_2(\text{SiO}_4)_3$  [4]. Minerály ze skupiny granátů jsou charakteristické pro přeměněné horniny: ruly, svor, eklogity aj.; poněvadž jsou odolné vůči zvětrávání usazují se v píscích a náplavech s těžkými kovy. Do sklovitého povlaku se *andradit* zřejmě dostává z použité vyzdívky pece, kterou byl místní lomový kámen. Naproti tomu *anglesit* vzniká v oxidační zóně ložisek galenitu a již od roku 1779 je pokládán také za produkt rozkladu galenitu. *Troilit* představuje ideální sulfid železnatý FeS, známý z meteoritů. V daném případě může jít též o pyrrhotin  $\text{Fe}_{1-x}\text{S}$ , který je magnetický. Ten může pocházet z hlubinných hornin i z ložisek hydrotermálních a nelze vyloučit, jeho původ v povlaku ze zpracovávané rudy i z vyzdívky pece. *Magnetit* jako železná ruda se může dostávat do struskového povlaku na vyzdívce pece z původní rudné vsázky, a to jako příměs stříbrnosných rud, tj. galenitu, budeme-li předpokládat, že pec sloužila ve smyslu původního vysvětlení její funkce jenom ke zpracování galenitu.

Vysokoteplotní modifikace *křemene – cristobalitu* – svědčí o tom, že povlak se tvořil při teplotě přesahující  $1470 \text{ }^\circ\text{C}$ . Sled stavových přeměn *křemene* je totiž následující: při teplotě okolí stabilní *křemen beta* se mění při teplotě  $573 \text{ }^\circ\text{C}$  v *křemen alfa* a ten se opět mění při teplotě  $870 \text{ }^\circ\text{C}$  v *tridimit alfa*, při teplotě  $1470 \text{ }^\circ\text{C}$  vzniká z *tridimitu cristobalit* a z něho při teplotě  $1713 \text{ }^\circ\text{C}$  *křemenné sklo* [5]. Všechny uvedené změny jsou vratné, avšak jednotlivé fáze mohou být stabilisovány příměsemi (zejména vápníkem). To je právě uvedený případ *cristobalitu*, který je jako vysokoteplotní krystalová fáze součástí sklovitého povlaku na stěnách pece.

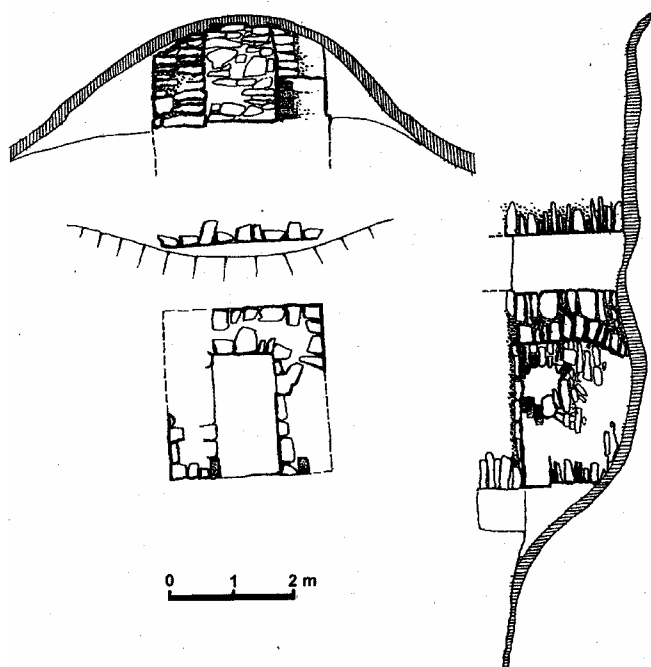
Chemickou rtg. spektrální analýzou nalezený, místně zvýšený obsah síry, mědi, olova a stříbra ve sklovitém povlaku, to znamená prvků, které jsou součástí olovnato–stříbrných rud, tak umožňuje ve srovnání s fázovou analýzou oprávněně předpokládat, že popisovaná pec původně sloužila k základnímu hutnickému zpracování zdejších typů těžných olovnatých a stříbrnosných rud.

### Literatura

- [1] MERTA, J.: Výzkum tavicí pece v údolí Stříbrnice (kat. úz. Lesní Hluboké, okr. Brno–venkov. In: Zkoumání výrobních objektů a technologií archeologickými metodami. Technické muzeum v Brně, Brno 1984, s. 108–109.
- [2] ZAVADIL, L. – TIRAY, J.: Vlastivěda moravská. Bítešský okres. Nákladem Musejního spolku, Brno 1900, 132 s.
- [3] KRUŤA, T.: Moravské nerosty a jejich literatura 1940–1960. Moravské museum Brno, Brno 1968, 380 s.
- [4] MEDENBACH, O. – SUSSIECKOVÁ–FORNEFELDOVÁ, C.: Minerály. Knižní klub, k. s. & Ikar spol. s r. o., Praha 1995, 287 s.
- [5] PETRŽELA, V.: Slévárenské formovací látky. SNTL, Praha 1956, 635 s.



**Obr. 1** Výřez z topografické mapy v původním měřítku 1:50000. Na mapě je uvedena kilometrová síť. Potok *Stříbrnice* pramení na východ od osady Lesní Hluboké a jeho tok se obrací severovýchodním směrem. Vlévá se do *Bílého potoka* v místech výškové kóty 344,8 m n/m. Hutnická pec se nachází přibližně v jedné třetině délky jeho toku (měřeno od jeho spojení s *Bílým potokem*). Je to na mapě vlevo od označení *smrk* a leží na levé straně potoka (místo označeno kroužkem). Někde v těchto místech je rovněž opuštěná štola, kterou se však nepodařilo nalézt.



**Obr. 2** Hutnická pec v údolí potoka *Stříbrnice*. Převzato z literatury [1].  
Nálezová situace je popsána v úvodní části tohoto příspěvku